

**CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS
DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES
BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN**

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS
EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN
DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN”**

Realizado por:

ING. JOFFRE IVAN MOLINA ESPINOZA

Director del proyecto:

MSc. SUSANA CHAMORRO

Como requisito para la obtención del título de:

MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, 26 de septiembre de 2019

**CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO
CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS
DE EUTROFIZACIÓN**

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JOFFRE IVAN MOLINA ESPINOZA, con cédula de identidad # 0918547001, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



FIRMA

0918547001

**CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO
CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS
DE EUTROFIZACIÓN**

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO
CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS
DE EUTROFIZACIÓN”**

Realizado por:

JOFFRE IVAN MOLINA ESPINOZA

Requisito previo a la Obtención del Título de:

MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Ha sido dirigido por la profesora

SUSANA CHAMORRO

Quién considera que constituye un trabajo original de su autor



FIRMA

**CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO
CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS
DE EUTROFIZACIÓN**

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

JOHANNA MEDRANO

JUAN CARLOS NAVARRO

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

Quito, 26 de septiembre de 2019

**CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO
CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS
DE EUTROFIZACIÓN**

DEDICATORIA

Dedicado a todo el personal de la Universidad Internacional SEK.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

AGRADECIMIENTO

Al Padre Celestial, porque me colocaste en el tiempo correcto y en el momento correcto para este

logro profesional.

A mi amada y cariñosa esposa, gracias Garde por tu tiempo y paciencia.

A Alejandra y Rebeca, mis hijas quiénes siempre me sacan una sonrisa.

A mi madre, quién siempre tiene una palabra de aliento.

A Jaime Véliz (+) un caballero y un mentor.

Al grupo de tesistas de diatomeas: Gonzalo, Robert, Stalin y Daniel.

A Susana Chamorro, a Pablo Castillejo, a Jeniffer Moyón, gracias por su

tiempo.

Al cuerpo docente del SEK, gracias por el conocimiento impartido.

A los compañeros y amigos del MGA, un placer compartir aula con ustedes.

A mis familiares y amigos

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Para someter a:

To be submitted:

Caracterización de Comunidades Diatomeas Epilíticas del Río Carihuaycu para la Identificación de Especies Bioindicadoras de Eutrofización .

Ivan Molina Espinoza¹, Susana Chamorro^{1*}

¹Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador.26/09/2019

*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: MSc. Susana Chamorro, Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Ambientales y Naturales, Quito, Ecuador.

Teléfono:+593-; email: susana.chamorro@uisek.edu.ec

Título corto o Running title: Diatomeas Epilíticas Carihuaycu

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Resumen.

El presente trabajo tiene como finalidad contribuir con información para el índice biológico de calidad de agua a través del estudio del río Carihuaycu, analizando parámetros físicos, químicos y biológicos y determinar la calidad de sus aguas. Los parámetros biológicos se asocian a la presencia de diatomeas epilíticas con el fin de caracterizarlas y hallar especies que con un grado de tolerancia a la eutrofización nos puedan servir como bioindicadoras.

La calidad del agua fue evaluada mediante la recolección de muestras en 3 diferentes puntos que se postulan como limpio, medio, y contaminado a 12, 6, y 3 km respectivamente de la vía Quito-Papallacta. Para la interpretación de los 9 parámetros físicos, químicos y microbiológicos se utilizó el software IQA Data obteniendo valores categorizando a los puntos P1, P2 y P3 respectivamente como regular, mala y mala calidad.

Un total de 71 especies fueron encontradas durante el muestreo, encontrándose 3 especies abundantes en el punto 1: *Encyonema minutissimum*, *Encyonema Silesiacum* y *Luticola goeppertiana*; 6 especies abundantes en el punto 2: *Cocconeis euglypta*, *Fragilaria vaucheriae*, *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia inconspicua*, *Grunowia solgensis* y *Cymbella tumida*; y, 9 especies abundantes en el punto 3: *Nitzschia clausii*, *Planothidium lanceolatum*, *Nitzschia palea*, *Caloneis silícula*, *Discotella pseudostelligera*, *Rophalodia gibberula*, *Surirella angusta*, *Planothidium haynaldii* y *Eunotia elucens*. Estas diatomeas son consideradas como bioindicadoras de los puntos de muestreo.

3 especies fueron encontradas en todos los puntos, teniendo una plasticidad de adaptación: *Rhoicosphenia abbreviata*, *Navícula gregaria* y *Navícula lanceolata*.

El punto 1 resultó tener mayor diversidad y el punto 3 menor equidad de especies, éstos valores se obtuvieron a través de índices de Shannon-Wiener y de Hill. Se representó en un análisis de correspondencia canónica la relación entre las variables abióticas y los puntos

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

de muestreo. Además, un análisis de conglomerados para determinar la similaridad o proximidad entre los puntos de muestreos realizados.

Palabras clave: Calidad del agua, diatomeas epilíticas, bioindicadoras, índice biológico, niveles de eutrofización.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Abstract.

The purpose of this paper is to contribute to an index of water quality for the water bodies of the Ecuadorian Andes through the study of the Carihuaycu River, analyzing physical, chemical and biological parameters in order to establish the degree of contamination of its water. These parameters are associated with the presence of epilithic diatoms in order to characterize them and find species that with a degree of tolerance to eutrophication can serve as bioindicators.

The quality of the water was evaluated by collecting samples at 3 different points that are postulated as clean, regular and contaminated at 12, 6 and 3 kilometers respectively from the Quito-Papallacta Highway. The IQA Data software was used for the interpretation of the 9 physical, chemical and microbiological parameters, obtaining values that characterize the water quality like: regular, bad and bad, according points P1, P2 and P3.

A total of 71 species were identified between points 1, 2 and 3: 3 abundant species in point 1: *Encyonema minutissimum*, *Encyonema Silesiacum* y *Luticola goeppertiana*; 6 abundant species in point 2: *Cocconeis euglypta*, *Fragilaria vaucheriae*, *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia inconspicua*, *Grunowia solgensis* y *Cymbella tumida*; and, 9 abundant species in point 3: *Nitzschia clausii*, *Planothidium lanceolatum*, *Nitzschia palea*, *Caloneis silícula*, *Discotella pseudostelligera*, *Rophalodia gibberula*, *Surirella angusta*, *Planothidium haynaldii* y *Eunotia elucens*. These diatoms are considered as bioindicators.

Richness and abundance were estimated in the 3 points, obtaining greater diversity in point 1 and less equity in point 3. A multivariate analysis to correlate biotic and abiotic variables was performed, in addition a cluster analysis to determine similarity or proximity between the points of samples taken.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Keywords: Water quality, epilithic diatoms, bioindicators, biological index, eutrophization levels.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Introducción

El presente estudio se refiere a la identificación de diatomeas epilíticas que fueron muestreadas en 3 puntos diferentes del río Carihuaycu, desde noviembre del 2017 hasta marzo del 2018, y emplearlas como bioindicadoras de aguas con importante carga de nutrientes orgánicos.

Las ventajas que caracterizan a las diatomeas como bioindicadoras frente otros métodos como monitoreo de parámetros físicos-químicos se basan en su ubicuidad, cosmopolitanismo, sensibilidad a los cambios en la naturaleza, diversidad, facilidad de muestreo, facilidad de tratamiento y almacenaje en laboratorio (Blanco *et al*, 2010).

El empleo de las diatomeas como bioindicadoras de eutrofización es una herramienta importante para determinar calidad de agua en un cuerpo hídrico. Los resultados de este estudio pretenden constituir un valioso aporte al índice biológico de calidad de agua para el país.

Estudios de calidad del agua usando diatomeas como bioindicadoras en el Ecuador inicia en el año 1979 con Steinitz-Kannan quien trabajó en la investigación de fitoplancton y diatomeas, para lo cual realizó el monitoreo en 15 lagos en las regiones Interandina y Galápagos, (Steinitz-Kannan, 1979). Castillejo et al 2018 realiza la primera publicación en un sistema lótico referente al río Pita en la provincia de Pichincha. En Benito et al, 2019 se compararon la distribución de diatomeas en los últimos 150 años en base a cambios físico-químicos del agua, trabajo realizado en 21 lagos de la región Interandina, encontrando que las diatomeas se distribuyen según la altitud y variables climáticas. Son pocos los ríos que en la región interandina han sido monitoreados bajo esta temática, el estudio de diatomeas como bioindicadores en la calidad de agua es muy valioso y además del contexto académico puede servir dentro del contexto político, social y económico para la toma de decisiones.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Existen serios problemas ambientales por efectos antrópicos en recursos agua, aire y suelo. En el caso del agua, uno de los más importantes problemas se debe a la eutrofización (Henry, 2009) ya sea en sistemas lóticos o lénticos.

Eutrofización

Los sistemas lóticos de agua dulce hoy en día tienen una gran carga orgánica la cual produce contaminación y un fenómeno conocido como eutrofización. El exceso de materia orgánica, en especial de sustancias nutrientes ricas en nitratos y fosfatos facilita la proliferación de algas las cuales formando una extensa capa en la superficie del agua impide la penetración de la luz solar, dificultando el proceso de fotosíntesis, disminuyendo el nivel de oxígeno disuelto, provocando la muerte de la vegetación y la liberación de más nutrientes y consumiendo más oxígeno aún. Entonces se produce una descomposición por acción de las bacterias anaeróbicas, y, como consecuencia pérdida del ecosistema acuático y de especies como los peces; es entonces que se ha producido un proceso de eutrofización en el cuerpo hídrico. (Lobo *et al*, 2016).

Este estudio pretende caracterizar especies bioindicadoras de diatomeas epilíticas sensibles a los cambios de eutrofización en el río Carihuaycu específicamente. Estos resultados pueden ser utilizados para establecer un índice biológico de calidad de aguas en el Ecuador, ya que actualmente se emplean índices diatomológicos sudamericanos como los más próximos a las condiciones de nuestro país. Además, esta caracterización de diatomeas puede contribuir con especies propias de Ecuador a una base de datos tan importante como OMNIDIA que maneja índices de diatomeas a nivel mundial.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

El proceso de eutrofización conlleva muchos cambios, los cuales suceden a partir del enriquecimiento de nutrientes de una masa oligotrófica (pobre en nutrientes). Este enriquecimiento favorece el crecimiento y la multiplicación de fitoplancton lo que produce un aumento de la turbidez del agua, con lo que el agua tiende a oscurecerse y tornarse verdosa, lo que dificulta el paso de luz necesario para la fotosíntesis que realizan las plantas acuáticas. Al no llegar la luz, es imposible que la fotosíntesis se lleve a cabo, las plantas acuáticas que se encuentran al fondo desaparecen y con esto se pierde alimento, hábitat y principalmente oxígeno, esenciales para el desarrollo del ecosistema acuático y su biodiversidad. La pérdida de oxígeno disuelto se agrava debido al incremento de fitoplancton, el cual está compuesto de organismos fotosintéticos que también producen oxígeno. Como el fitoplancton ocupa gran parte de la superficie de la masa de agua, ésta se satura del gas, escapando el exceso de oxígeno a la atmósfera. Se puede apreciar este suceso cuando se observan burbujas de oxígeno que son liberadas a la superficie después de quedar atrapadas en las algas filamentosas. Consecuentemente la fotosíntesis que realiza el fitoplancton no reabastece de oxígeno disuelto a la parte más profunda de los lagos y lagunas como lo hacen las plantas acuáticas al realizar la fotosíntesis. (Granizo, 2011).

El crecimiento de fitoplancton es muy rápido, en condiciones óptimas puede duplicar su biomasa en tan solo 24 horas, sobrepasando de gran manera la capacidad de desarrollo que poseen las plantas acuáticas. Al morir, el fitoplancton se asienta en el fondo produciendo depósitos espesos de detritos y a su vez una gran cantidad de descomponedores, principalmente bacterias, las cuales a causa de su elevada tasa de crecimiento requieren gran cantidad de oxígeno disuelto que lo consumen durante la respiración. De esta manera la demanda de oxígeno crece más, agotando rápidamente este recurso, lo que provoca la sofocación y muerte de los seres que habitan en el lago, como son peces, crustáceos, reptiles,

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

macroinvertebrados, etc. (Stigliani, 2004). En conclusión se puede decir que la eutrofización inicia con el enriquecimiento de nutrientes que lleva al crecimiento y muerte de fitoplancton, la acumulación de detritos, el aumento de bacterias y finalmente el agotamiento de oxígeno disuelto y sofocación y muerte de los organismos superiores que habitan en un cuerpo de agua (Wright, 1999).

La eutrofización puede ser de origen natural y antrópico, cuando se produce de forma natural es un evento lento; sin embargo, la eutrofización de origen humano como consecuencia de descargas residuales, fertilizantes agrícolas y efluentes industriales (Lobo et al, 2015) puede acarrear grandes problemas al aumentar a una mayor velocidad el desequilibrio ecológico propio de la pérdida de un ecosistema acuático. Entre las consecuencias producidas por la eutrofización se tiene: restricción de acceso a canales de navegación y pérdida de ictiofauna. Un problema de salud pública puede constituirse debido al crecimiento de cianobacterias como la *cylindrospermopsis raciborskii* la cual es muy tóxica y puede producir neurotoxinas que pueden provocar incluso la muerte en consumidores de peces de un cuerpo hídrico en el que se encuentre esta cianobacteria (Lobo et al, 2016).

Según (Baird, 2004) se ha demostrado en investigaciones que el nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento de las algas y cianobacterias, y que la limitación de estos elementos es usualmente el factor que controla su tasa de crecimiento. Es por esto que, cuando se determina abundancia de los dos elementos en los cuerpos hídricos tiene lugar el florecimiento de algas, que genera una condición molesta en el cuerpo de agua. Los fosfatos son compuestos importantes del fósforo inorgánico, provienen de desechos humanos, y animales como resultado de la degradación metabólica de las proteínas, y detergentes.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Índices de calidad de agua

Los índices de calidad del agua constituyen una herramienta muy útil para resumir grandes volúmenes de información, permitiendo una rápida interpretación y reconocimiento de las tendencias en la calidad del cuerpo de agua a lo largo del espacio y del tiempo. A su vez, se presentan como una opción viable para la interpretación de variables físicas, químicas y biológicas de un programa de monitoreo, debido a que las diferentes variables son combinadas para generar un valor numérico que permite la evaluación, por ejemplo, de los efectos de las actividades antrópicas y de los procesos de autodepuración del cuerpo de agua (García, 2012).

Para evaluar la calidad de aguas se requiere de monitoreo de parámetros físicos, químicos y biológicos; sin embargo en el caso de los parámetros físicos no son índices absolutos de contaminación y no requieren de técnicas específicas entre ellos: olor, color, turbidez, sólidos disueltos, temperatura y conductividad eléctrica. (Coral, 2013)

En la década de los 70's, la NSF National Sanitation Foundation en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) que puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no. (Semarnat, 2017).

El ICA o índice de Brown requiere de 9 parámetros a los cuales se les asigna un peso relativo de acuerdo a factores de contaminación del agua; sin embargo, esta asignación de pesos relativos corre el riesgo de caer en la subjetividad (Semarnat, 2017). Para determinar el

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

ICA en el presente trabajo se emplea una calibración desarrollada por (Moretto et al, 2012) esta nueva formulación del ICA fue aplicada en la cuenca hidrográfica de Río Pardo en el sur de Brasil; esta nueva calibración consistía en distribuir nuevos valores a parámetros como: coliformes fecales y Fosfatos, los cuales son muy importantes para determinar contaminación por eutrofización en un río.

Cuadro 1. Comparación de asignación de pesos relativos para determinar el ICA, según la NSF, y la calibración efectuada por Moretto.

Variables	Peso ICA/NSF	Peso calibrado/Moretto
Coliformes fecales	0,16	0,23
DBO	0,11	0,08
Fosfato	0,10	0,16
Nitrato	0,10	0,07
Oxígeno disuelto	0,17	0,20
pH	0,11	0,05
Sólidos totales disueltos	0,07	0,06
Turbidez	0,08	0,12
Temperatura	0,10	0,03

El ICA determina un valor máximo que va hasta 100, y que disminuye con el aumento de la contaminación del cuerpo hídrico en estudio.

Cuadro 2. Clasificación del índice de calidad del agua (Semarnat, 2017).

Calidad de Agua	Valor
Excelente	91 a 100
Buena	71 a 90
Regular	51 a 70
Mala	26 a 50
Muy mala	0 a 25

El factor económico se debe considerar para poder analizar la calidad de agua principalmente la de los ríos, debido a su extenso cauce y a toda su cuenca hidrográfica mediante los métodos tradicionalmente utilizados es necesario un número considerable de muestras, así como valorar algunos parámetros en cada una de ellas. Todo esto supone un costo económico considerable (Coral, 2013).

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Diatomeas como especies bioindicadoras de eutrofización

Bioindicadores como algas diatomeas cumplen una función muy importante en la evaluación de calidad de aguas en sistemas lóticos, de hecho han sido ampliamente usadas para detectar cambios en la calidad de agua de ríos gracias a su sensibilidad específica a una variedad de condiciones ecológicas, sus preferencias y tolerancias al pH, conductividad eléctrica, salinidad, humedad, condiciones sapróbicas, materia orgánica, estado trófico, requerimientos de oxígeno, nutrientes, y velocidad actual en ríos, lagos, humedales y estuarios las han definido para el uso de numerosos estudios paleolimnológicos (Necchi, 2016).

Se conocen como especies intolerantes o estenócoras a aquellas que no se encuentran en zonas con contaminación orgánica, tienen requerimientos a la hora de ocupar un hábitat y se encuentran en un lugar concreto, son buenas indicadoras; y, como especies tolerantes o eurícoras a aquellas que tienen requerimientos menos estrictos para ocupar cualquier hábitat y soportan niveles de contaminación orgánica elevados (Blanco *et al*, 2010).

Las diatomeas son algas unicelulares; constituyen el fitoplancton, importante en la alimentación de diversos organismos. Algunas de ellas pueden vivir en colonias formando filamentos o cintas, se hallan rodeadas por una pared celular hecha de sílice llamada frústulo. Actualmente se conocen más de 200 géneros de diatomeas, y se estima que hay alrededor de 100,000 especies. La pared celular está compuesta por dos mitades o “valvas” que encajan perfectamente y que encierran el protoplasma celular. Estas valvas se conocen como frústulos y están compuestas por pectina con impregnaciones de óxido de silicio que puede ser tan abundante que sobrepase el 90% del peso total. Una valva, la epiteca, es mayor y se sitúa exteriormente sobre la valva menor o hipoteca (Blanco *et al*, 2010).

Las diatomeas una vez recolectadas, son preparadas y luego montadas sobre portaobjetos para luego ser contadas e identificadas con ayuda de un microscopio óptico de

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

resolución 100 x.

Generalmente, las comunidades de diatomeas sufren cambios en la composición de especies a lo largo de un cuerpo hídrico desde aguas arriba hacia aguas abajo, cambios representados a través de un gradiente de eutrofización y contaminación orgánica creciente (Castillejo *et al*, 2018). El gradiente ambiental de eutrofización se obtiene con resultados obtenidos de los distintos grados de tolerancia a la eutrofización de las especies abundantes de las diatomeas epilíticas, atribuyendo valores tróficos correspondientes a niveles de tolerancia a la eutrofización definidos como bajo, medio y alto, respectivamente. Utilizando estos valores tróficos para cada una de las especies de diatomeas se calcula el índice trófico de calidad del agua, cuya fórmula es (Lobo *et al*, 2014).

$$ITCA = \frac{\sum(VT \times H)}{\sum H}$$

Donde: H es la abundancia relativa en porcentaje, y VT es el valor trófico de cada especie. El resultado final es comparado según el cuadro (Lobo *et al*, 2014) y relacionado con el índice de calidad de agua obtenido por información de parámetros físico-químicos.

Cuadro 3. Relación entre índice trófico de la calidad del agua (ITCA) y calidad de agua.

ITCA	Niveles de contaminación
1,0 - 1,5	Oligotrófico (contaminación despreciable)
1,5 - 2,5	β - mesotrófico (contaminación moderada)
2,5 - 3,5	α - mesotrófico (contaminación fuerte)
3,5 - 4,0	Eutrófico (contaminación excesiva)

Sin embargo, es importante acotar que la consecución de los valores tróficos según Lobo, son bajo condiciones de sistemas lóticos de Brasil, por lo tanto lo correcto es ajustar este índice trófico de calidad del agua con valores actualizados aportados por la base de datos OMNIDIA.

El software OMNIDIA es una base de datos que compila importante información

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

actualizada sobre las especies descubiertas, maneja 18 índices de diatomeas a nivel mundial (OMNIDIA, 2018). La información concerniente al cálculo de Índice Trófico de Calidad de Agua se basó en los IPS (Índice de Sensibilidad a la contaminación) del software OMNIDIA.

Diversidad y riqueza

La diversidad biológica es la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo entre otros, los organismos terrestres y de otros sistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y ecosistemas (UNEP, 1992). Una herramienta importante para poder categorizar a las especies diatomeas como bioindicadoras, es conocer el valor de importancia de ellas como componente fundamental de la diversidad, es por ello que para cuantificar diatomeas y su representatividad en las comunidades muestradas se establecen mediciones de: abundancia relativa, riqueza, índice de diversidad e índice de equidad (Gutiérrez, 2018).

La abundancia relativa, es el porcentaje de individuos de cada especie en relación al total de individuos que conforman la comunidad.

La riqueza específica, es el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001).

Donde: $S = \text{riqueza específica}$

La diversidad considera tanto al número de especies como a la abundancia de las especies. Para estimar la diversidad se emplean índices como el de Shannon-Wiener, el cual permite determinar la heterogeneidad de una comunidad, se expresa de la siguiente manera:

$$H' = -\sum P_i * \ln P_i$$

Donde:

H' = Índice de Shannon- Wiener

P_i = Abundancia Relativa

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

La equidad describe cómo se distribuye la abundancia entre las especies que integran la comunidad, así en una comunidad de 10 especies, si el 90% de los individuos pertenecen a una sola especie y el restante 10% se distribuye entre las otras 9, la equidad será baja (<https://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecocomunidades/TPN3Diversidad.pdf>). El índice de equidad de Hill y el de Shannon (Mostacedo, 2000) fueron utilizados para determinar la equidad de las comunidades muestreadas. Se expresa como:

$$E_{\text{Shannon}} = H' / \ln S$$

Donde:

H' = Índice de Shannon- Wiener

S = riqueza específica

Objetivos

Objetivo general:

- Caracterizar comunidades de diatomeas epilíticas del río Carihuyacu para la identificación de especies bioindicadoras de eutrofización

Objetivos específicos:

- Determinar el índice de calidad de agua mediante el análisis de los parámetros físicos-químicos de los puntos de colecta del río Carihuaycu.
- Establecer la diversidad, riqueza y equidad de especies diatomeas en los 3 diferentes puntos de muestreo.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

- Categorizar el nivel de eutrofización del río Carihuaycu mediante la identificación de especies de diatomeas asociadas a un gradiente de eutrofización.
- Contribuir con colecciones de especies diatomeas identificadas en el río Carihuaycu para la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la universidad Internacional SEK.

Hipótesis:

- Encontrar mayor diversidad de especies diatomeas en el punto considerado como limpio respecto al punto considerado como contaminado según (Petersen, 1975).

Materiales y Métodos.

Área de estudio

El río Carihuaycu nace del escurrimiento de precipitaciones en el suroriente de la Provincia de Pichincha siendo parte de la cuenca alta del Guayllabamba a una altitud media de 3800 msnm, este río se encuentra en la reserva Paluguillo, importante por el suministro de agua potable al DM Quito y cantones aledaños, además es reconocida esta reserva por el *Polylepis*, o árbol de papel; el río Carihuaycu, durante su trayectoria de 22 kilómetros, recorre hacia el río Chiche donde desemboca finalmente, a una altitud media de 2500 msnm (Tucci, 2009). El punto limpio (P1) se encuentra en un sector denominado Sierra Virgen en km 12 de la vía Quito-Papallacta, ubicado en la reserva Palugo caracterizado por la presencia de *Polylepis*. El punto medio (P2) se encuentra en el km 6 de la vía Quito-Papallacta, ubicado en la parroquia Mulauco; por último, el punto contaminado (P3) se encuentra en el km 3 de la vía Quito-Papallacta.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

RED HIDROGRÁFICA RÍO CARIHUAYCU - RÍO CHICHE

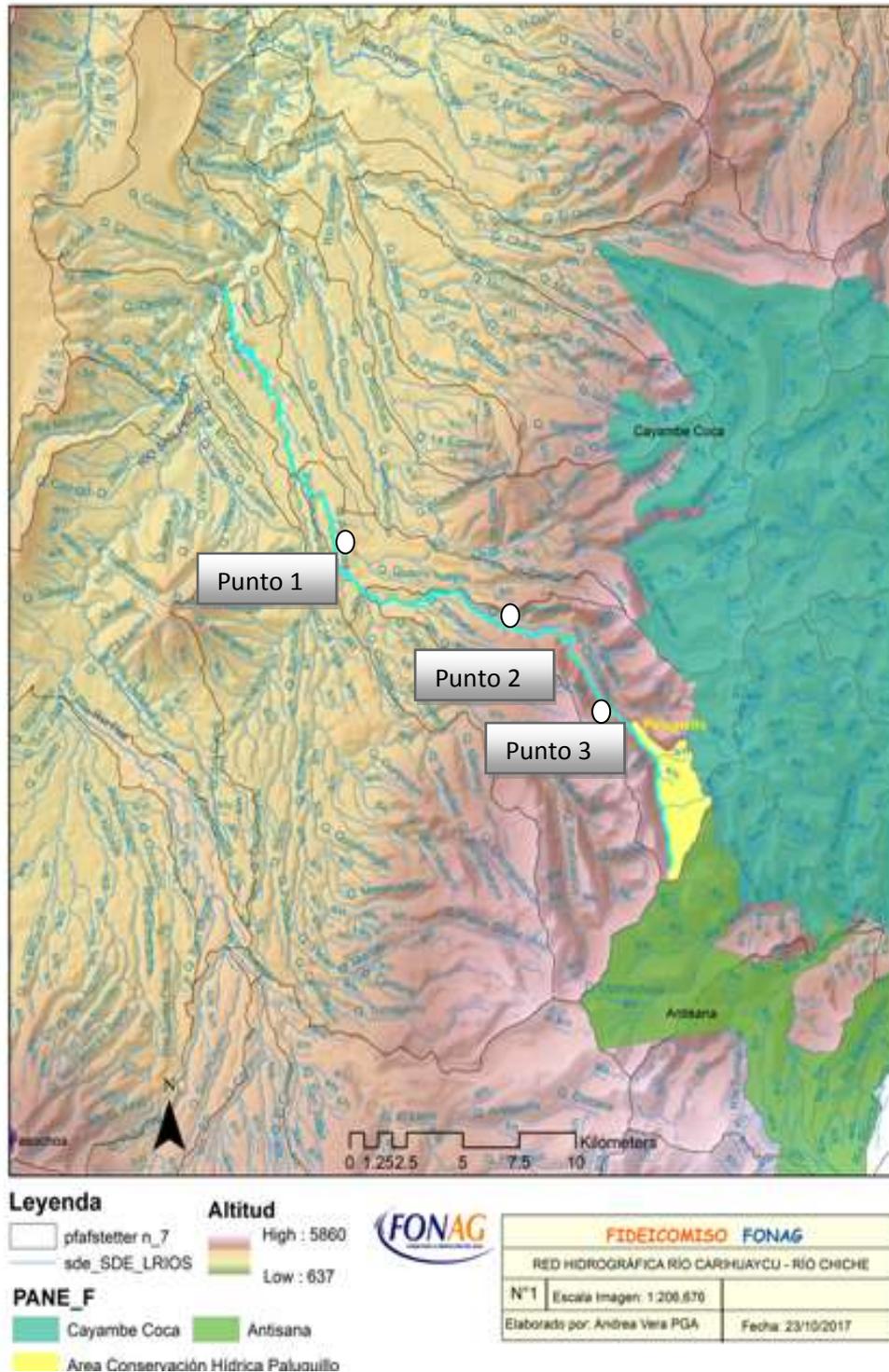


Figura1. Mapa del área de estudio. Ubicación del río Carihuaycu en Paluquillo.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Cuadro 4. Puntos de muestreo sobre el río Carihuyacu.

Nombre	Punto de muestreo	Ubicación		Altitud	Observación
		Latitud	Longitud		
Sierra Virgen	Punto 1	17M 0807256	9966399	3648 m	Punto limpio
Mulauco	Punto 2	17M 0798984	9971729	2794 m	Punto medio
Palugo	Punto 3	17M 0796398	9972516	2585 m	Punto contaminado



Figura 2. Puntos de muestreo sobre el río Carihuyacu: Punto limpio, Punto medio y Punto contaminado.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Recolección de muestras

La recolección de muestras para análisis físicos-químicos se realizó en un recipiente limpio de 3 litros de volumen, es una muestra simple de agua. En el caso de recolección de muestra para análisis microbiológico, se empleó un recipiente estéril de 200 mL. Ambos recipientes fueron debidamente rotulados y refrigerados para mantener una temperatura de 4°C antes de ingresar al laboratorio para preservar las muestras antes de sus respectivos análisis.

La recolección de algas diatomeas epilíticas consistió en georeferenciar primero el punto de muestreo; posteriormente se procedió a tomar de 3 a 5 rocas de aproximadamente 10 a 20 cm de longitud cuya característica principal consiste en tener una superficie de color marrón o café lo cual es propio de superficies con diatomeas epilíticas, con un cepillo de cerdas suaves se extrajo una muestra de la roca la cual debe ser lavada cuidadosamente con agua destilada (Kobayasi, 1982). Es importante el lavado de muestra con agua destilada porque si se hace con agua de río se puede contaminar con aporte de algas planctónicas (Lobo *et al*, 2016).

Análisis físico, químico y microbiológico de las muestras

Las muestras de agua fueron analizadas tanto de manera *in situ* (campo) como *ex situ* (laboratorio). Los parámetros medidos *in situ* fueron: Temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto. Los parámetros medidos en laboratorio fueron: Nitratos, Fosfatos, Demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, sólidos disueltos totales y coliformes fecales (Uvillús, 2017). En campo se utilizó un equipo multiparámetro HACH HQ40d para analizar los parámetros pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto; la temperatura fue determinada de la sonda del pH.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN



Figura 3. Medición de parámetros pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura con multiparámetro HACH HQ40d.

Posteriormente, en laboratorio, empleando el espectrofotómetro DR 4000 se determinaron los parámetros fosfatos y nitratos; los fosfatos fueron determinados por método de Molybdovanadato y los nitratos por método de Reducción de Cadmio (Standard Methods, 2005) (INVEMAR, 2003). La turbidez fue determinada con un turbidímetro HACH. Los sólidos disueltos totales fueron determinados por método de evaporación a 105°C. Las coliformes fecales fueron determinadas por método de filtración de membrana (Standard Methods, 2005).

Los 9 parámetros físicos, químicos y microbiológicos obtenidos fueron ingresados al software IQAData facilitado por el Departamento de Limnología de la UNISC de Brasil (Moretto *et al*, 2016). En dicho software se pudo determinar de manera cuantitativa la calidad del agua en los 3 diferentes puntos y en diferentes meses del año.

Preparación y montaje de las placas de diatomeas

Fue requerida una preparación y posterior montaje en portaobjetos de la muestra de diatomeas epilíticas, antes de preparación y montaje se procedió a examinar una muestra con el fin de hallar cadenas o colonias de diatomeas (Blanco, Álvarez & Cejudo, 2008), luego se

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

oxidó la muestra con peróxido de hidrógeno al 35%, ácido sulfúrico y ácido clorhídrico al 37% respectivamente (ECS, 2003), se hizo una modificación respecto a la preparación de muestra según (Lobo *et al*, 2016), en lugar de emplear Dicromato de potasio para el lavado de las diatomeas se empleó Peróxido de hidrógeno con esta modificación a la preparación de diatomeas se logró un impacto favorable al medio ambiente, pues los desechos de Dicromato de potasio se convierten en una sustancia peligrosa que deben gestionarse como tal, lo cual no sucede con el peróxido de hidrógeno.

Una vez preparada la muestra de diatomeas en cubreobjetos circulares de 18 mm, se verificó en microscopio óptico LEICA a 40x de resolución donde se observó aproximadamente 20 a 30 valvas por campo para validar el montaje, se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 a 72 horas, posteriormente se realizó el montaje sobre portaobjetos para lo cual se emplea un medio de montaje denominado NAPHRAX (diluido con tolueno), que es una resina fijadora con propiedades ópticas para poder observar a las diatomeas con ayuda de un microscopio con resolución 100x (Battarbee, 1986), (Battarbee *et al*, 2001). Se identificaron taxonómicamente las especies según (Lobo *et al*, 2016), (Lobo & Heinrich, 2016), (Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998), (Lange-Bertalot, 2007), (Lange-Bertalot, 2005), (Blanco *et al*, 2010), (Heinrich *et al*, 2013), (<https://www.algaebase.org>), (<https://diatoms.org>). Luego se realizó el conteo de las especies diatomeas por el método de generación de números aleatorios para conteo en microscopía electrónica hasta llegar a 400 valvas, que es un valor estadísticamente fiable y preciso, además de que los índices diatomológicos a nivel mundial se basan en esa cantidad (Blanco, 2010).

Finalmente, se realizó un análisis estadístico con el software PAST basado en el análisis Cluster con el método jerárquico aglomerativo de Ward o varianza mínima utilizando como medida de similitud la distancia euclidiana, para determinar la similitud o

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

agrupamientos entre sí, es decir, encontrar grupos homogéneos de tipos de especies de diatomeas (Hammer, 2012).

Resultados.

Análisis índice de calidad de agua según IQAData

Un total de 3 muestreos fueron realizados durante 5 meses comprendidos entre noviembre del 2017 a febrero del 2018, con condiciones climáticas similares, exceptuando el mes de enero, que tuvo un nivel alto del río debido a altas precipitaciones durante casi todo el mes.

Los parámetros físicos-químicos obtenidos (Anexo 1) fueron realizados en laboratorio y evaluados a través de software IQAData para determinar cuantitativamente la calidad de agua presente en cada punto en el río Carihuaycu.

Cuadro 5. Evaluación general del ICA según IQAData en puntos 1, 2 y 3 del río Carihuaycu..

Punto	ICA	Clasificación
Punto 1	55,98	Regular
Punto 2	47,34	Mala
Punto 3	38,52	Mala

La evaluación general del ICA se resume en el cuadro 5. El punto 1 considerado como limpio con una regular calidad de agua, el punto 2 considerado como medio con una mala calidad de agua; y, el punto 3 considerado como contaminado con una mala calidad de agua. Los factores físicos-químicos que más influyeron en los puntos 2 y 3 respectivamente para ser categorizado como de mala calidad de agua fueron nitratos, fosfatos y coliformes fecales (Anexo 2).

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Análisis de la calidad del agua según microalgas bioindicadoras

Un total de 71 especies de diatomeas fueron encontradas en el río Carihuaycu durante los 5 meses de muestreo, encontrándose 54 especies de diatomeas epilíticas en el punto 1, 55 especies en el punto 2, y 49 especies en el punto 3.

Cuadro 6. Distribución de especies de diatomeas encontradas en el punto 1, 2 y 3 en el río Carihuyacu

Especie	Punto 1	Punto 2	Punto 3
<i>Achnanthydium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	1	1	0
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	86	30	14
<i>Achnanthydium rivulare</i> Potapova & Ponader	65	30	20
<i>Achnanthydium sp.</i>	30	7	7
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	0	0	2
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	8	189	68
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	5	0	3
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	1	1	0
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	1	1	0
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	0	1	0
<i>Discotella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	0	0	1
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	90	87	55
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing	0	6	0
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	81	41	14
<i>Encyonema sp.</i>	6	1	0
<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow	20	33	0
<i>Eunotia elucens</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	1
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow	1	0	0
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	20	24	5
<i>Fragilaria candidagilae</i> Almeida, Delgado, Novais & S. Blanco	1	0	0
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	0	1	0
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F. Carlson	1	0	0
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B. Petersen	8	45	7
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	8	14	4
<i>Gomphonema capitatum</i> Ehrenberg	3	1	0
<i>Gomphonema capsulare</i> J.A. Röss, E.W. Thomas & Kociolek	2	3	4
<i>Gomphonema cf. Capsulare</i>	0	5	1
<i>Gomphonema elegantissimum</i> E. Reichardt & Lange-Bertalot	3	1	2
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E. Reichardt	0	2	2
<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	11	5	7
<i>Gomphonema laticollum</i> E. Reichardt	2	2	0
<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i> E. Reichardt & Lange-Bertalot	11	0	10
<i>Grunowia solgensis</i> (A. Cleve) Aboal	0	3	0

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Especie	Punto 1	Punto 2	Punto 3
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov	2	0	9
<i>Humidophila lacunosa</i> (Gerd Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin)	25	1	0
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann	66	13	139
<i>Luticola mutica</i> (Kützig) D. G. Mann	23	1	3
<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	1	1	0
<i>Luticola peguana</i> (Grunow) D.G.Mann ex Rarick, S.Wu, S.S.Lee & Edlund	0	1	0
<i>Luticola</i> sp.	0	1	0
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	0	3	0
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	3	24	2
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	20	47	3
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	141	315	399
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	255	276	215
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	5	1	0
<i>Navicula rhyncocephala</i> Kützing	31	2	0
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	23	30	6
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	7	0	18
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst	2	3	10
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	16	39	17
<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith	8	1	17
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	28	18	61
<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	47	17	20
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	149	99	28
<i>Nitzschia cf. clausii</i>	0	2	13
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	38	4	127
<i>Nitzschia liebethruth</i> Rabenh	0	0	2
<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow	61	0	1
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	7	0	1
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	9	3	8
<i>Planothidium haynaldii</i> (Schaarschmidt) Lange-Bertalot	0	1	1
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	37	9	78
<i>Reimeira sinuata</i> (W.Gregory) Kociolek & Stoermer	19	23	20
<i>Reimeira uniseriata</i> S.E.Sala, J.M.Guerrero & M.E.Ferrario	15	9	9
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	428	517	547
<i>Rhoicosphenia tenuis</i> Z.Levkov & T.Nakov	60	1	8
<i>Rophalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Müller	0	0	1
<i>Surirella angusta</i> Kützing	0	0	2
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	5	0	8
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	4	4	0

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Índice de diversidad y equidad de especies de diatomeas epilíticas

La riqueza específica, índice de Shannon-Wiener, e índice de Hill se detallan en el siguiente cuadro, destacándose que en el punto 1 se tiene mayor diversidad y equidad de especies que en los demás puntos 2 y 3, es decir, que en el punto limpio se tiene una comunidad de diatomeas más heterogénea y a la vez con especies menos dominantes respecto a los puntos considerados medio y contaminado. En los puntos eutrofizados se presentan especies tolerantes y por lo tanto son más dominantes que otras que empiezan a tener limitaciones en cuanto a hábitat.

Cuadro 7. Valores de riqueza, diversidad y equidad obtenidos en Punto 1, 2 y 3.

Punto muestreo	Riqueza específica	Índice Shannon	Equidad Shannon	Equidad Hill
Punto 1 (limpio)	54	3,02	0,76	0,66
Punto 2 (medio)	55	2,6	0,65	0,57
Punto 3 (contaminado)	49	2,53	0,65	0,56

Índice trófico de calidad de agua empleando especies bioindicadoras

Las especies consideradas bioindicadoras fueron escogidas de acuerdo a su abundancia relativa y a la presencia de especies raras en determinado punto de muestreo. Se encontraron 3 especies bioindicadoras en el punto 1: *Encyonema minutissimum*, *Encyonema Silesiacum* y *Luticola goeppertiana*; 6 especies bioindicadoras en el punto 2: *Cocconeis euglypta*, *Fragilaria vaucheriae*, *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia inconspicua*, *Grunowia solgensis* y *Cymbella tumida*; y, 9 especies bioindicadoras en el punto 3: *Nitzschia clausii*, *Planothidium lanceolatum*, *Nitzschia palea*, *Caloneis silícula*, *Discotella pseudostelligera*, *Rophalodia gibberula*, *Surirella angusta*, *Planothidium haynaldii* y *Eunotia elucens*.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Cuadro 8. Especies bioindicadoras en el punto 1 (Punto limpio)

Especie	Total	Valor trófico (VT)	Abundancia relativa (%)	$\Sigma(VT \times H)$
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	86	5	6,32	31,59
<i>Achnantheidium rivulare</i> Potapova & Ponader	65	4	4,78	19,10
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	90	1	6,61	6,61
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	81	1	5,95	5,95
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann	66	1	4,85	4,85
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	141	3,4	10,36	35,22
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	255	3,8	18,74	71,20
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	149	2,8	10,95	30,65
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	428	4	31,45	125,79
	1361		100,00	316,65

Cuadro 9. Especies bioindicadoras en el punto 2 (Punto medio)

Especie	Total	Valor trófico (VT)	Abundancia relativa (%)	$\Sigma(VT \times H)$
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	189	3,6	11,70	42,10
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	87	1	5,38	5,38
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	41	1	2,54	2,54
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen	45	3,4	2,78	9,47
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	47	4	2,91	11,63
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	315	3,4	19,49	66,27
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	276	3,8	17,08	64,90
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	99	2,8	6,13	17,15
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	517	4	31,99	127,97
	1616		100,00	347,43

Cuadro 10. Especies bioindicadoras en el punto 3 (Punto contaminado)

Especie	Total	Valor trófico (VT)	Abundancia relativa (%)	$\Sigma(VT \times H)$
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	68	3,6	4,32	15,56
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann	139	1	8,84	8,84
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	399	3,4	25,37	86,24
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	215	3,8	13,67	51,94
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	127	2,8	8,07	22,61
<i>Planorhynchium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) La	78	4,6	4,96	22,81
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	547	4	34,77	139,10
	1573		100,00	347,09

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Las especies *Roichosphenia abbreviata*, *Navícula lanceolata*, *Navícula gregaria*, se encuentran abundantes en los tres puntos muestreados, lo cual indica que son tolerantes a diferentes niveles de contaminación a las condiciones actuales en el río muestreado, pueden ser consideradas también como especies plásticas.

Fueron identificadas especies consideradas raras, es decir, aquellas que al mínimo cambio desaparecen, y que tienen una abundancia relativa <1%, entre ellas se encontraron, en el punto 1: *Achnantheidium exiguum*, *Cymbella tumida*, *Diatoma mesodon*, *Eunotia minor*, *Eunotia elucens*, *Fragilaria rumpens*, *Luticola nivalis*, *Gomphonema capitatum*, *Gomphonema laticollum*. En el punto 2 se encontraron: *Diploneis subovalis*, *Fragilaria gracilis*, *Grunowia solgensis*, *Luticola peguana*, *Melosira varians*, *Planothidium haynaldii*. En el punto 3 se encontraron: *Caloneis silícula*, *Nitzschia liebethruth*, *Discotella pseudostelligera*, *Rophalodia gibberula*, *Surirella angusta*, *Cyclotella meneghiniana*, *Halamphora montana*.

Para determinar el índice trófico de calidad del agua (Lobo et al, 2014) se asignaron valores tróficos a las especies bioindicadoras en cada punto de muestreo, este valor trófico para cada especie fue obtenido de valor IPS (Index Pollution Sensibility) de la base de datos OMNIDIA (OMNIDIA, 2018).

Cuadro 11. Índice trófico de la calidad del agua encontrada mediante algas bioindicadoras.

Punto muestreo	ITCA	Nivel de contaminación
Punto 1	3,2	α -mesotrófico
Punto 2	3,5	eutrófico
Punto 3	3,5	eutrófico

El ITCA, índice trófico de calidad de agua determina condiciones de estado α -mesotrófico (contaminación fuerte) para los puntos considerados como limpio y medio; y de

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

estado trófico (contaminación excesiva) para el punto considerado contaminado.

Comparación del índice de calidad del agua con respecto a la normativa legal

Es importante tener una referencia de la calidad del agua respecto a los parámetros físicos, químicos y biológicos obtenidos en laboratorio según la normativa ecuatoriana vigente. Según el Registro Oficial No. 387, anexo1 de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua, se caracterizan los valores permisibles de parámetros para varios criterios o fines de uso del agua, en este caso interesa para fines de preservación de vida acuática. En el siguiente cuadro se resume la comparación realizada con los puntos muestreados.

Cuadro 12. Comparación de parámetros obtenidos en puntos 1, 2 y 3 según criterios de calidad del agua de la normativa ambiental vigente.

Parámetros	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Criterio de la calidad de agua
				Preservación de la vida acuática (agua dulce)
Temperatura (°C)	10,86	12,56	14,68	N/D
pH	7,436	7,688	7,598	6,5 a 9
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	62,14	83,92	101,12	N/D
Oxígeno disuelto (%)	95%	94%	92%	>80%
Fosfatos (mg/L)	0,3836	0,6536	1,344	N/D
Nitratos (mg/L)	0,074	0,086	0,17	13
DBO (mg/L)	4,464	5,686	7,502	20
Turbidez (NTU)	4,206	7,952	11,51	N/D
Sólidos disueltos totales (mg/L)	65	89	123	N/D
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	1400	4800	14800	N/D

Las aguas del río Carihuaycu se encuentran dentro de los límites permisibles del

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

criterio de la calidad del agua (Registro Oficial No. 387, 2015) para pH, oxígeno disuelto, nitratos y DBO, indicando que son aguas aptas para preservar la vida acuática.

Análisis de correspondencia canónica

Se utilizó el análisis multivariado mediante el análisis de correspondencia canónica para relacionar los factores físicos, químicos y biológicos con las diatomeas encontradas, para determinar las especies que se encuentran influenciadas por determinados parámetros. Es decir, la relación entre los factores abióticos y bióticos.

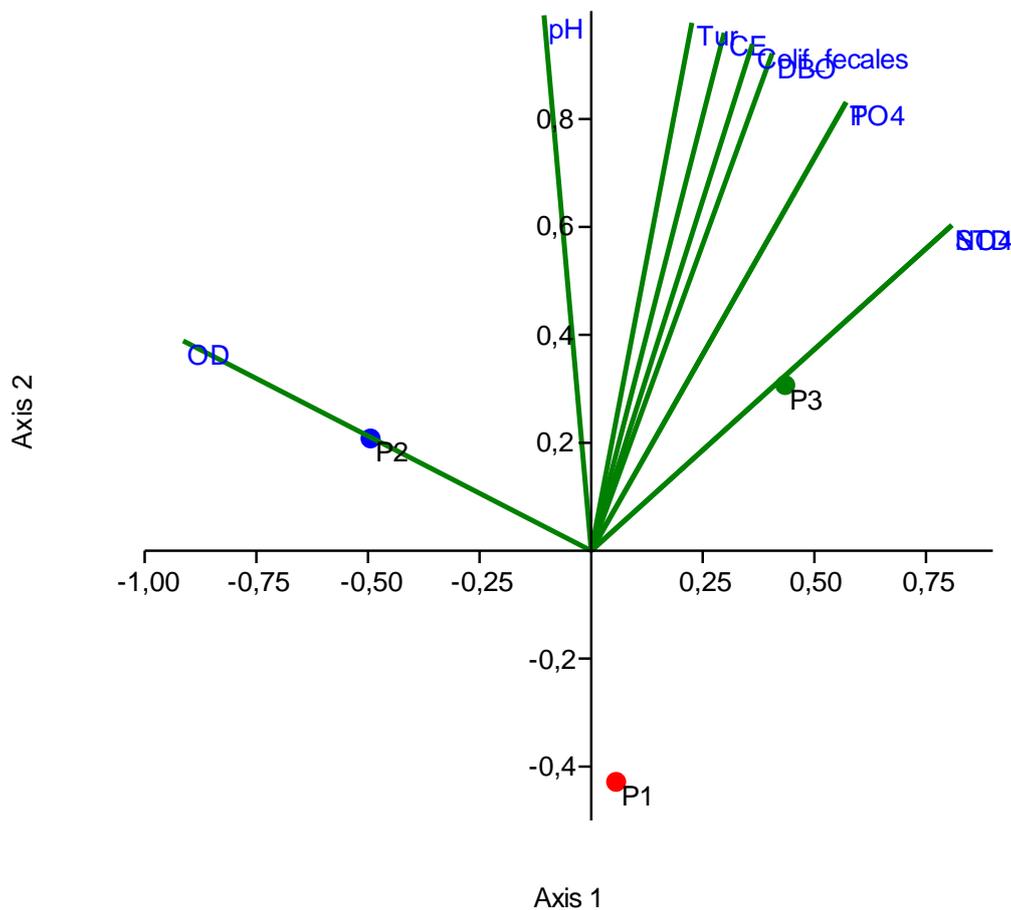


Figura 4. Diagrama de dispersión de análisis de correspondencia canónica de los puntos P1, P2 y P3 de las especies de diatomeas epilíticas muestreadas en el río Carihuaycu.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

En la figura # 5 se puede observar la influencia que los parámetros físicos-químicos ejercen en especies monitoreadas en los 3 puntos durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. Las especies que se encuentran más dispersas en cada cuadrante son las especies consideradas raras, las que con el más mínimo cambio de las condiciones del agua, tienden a desaparecer.

Los nombres de las especies de diatomeas fueron cambiados por su código corto según la base de datos OMNIDIA (OMNIDIA, 2018) (Anexo 5)

Análisis de agrupamiento de conglomerados

El análisis de agrupamiento de conglomerados permite observar la proximidad o similitud entre ciertos puntos que fueron monitoreados.

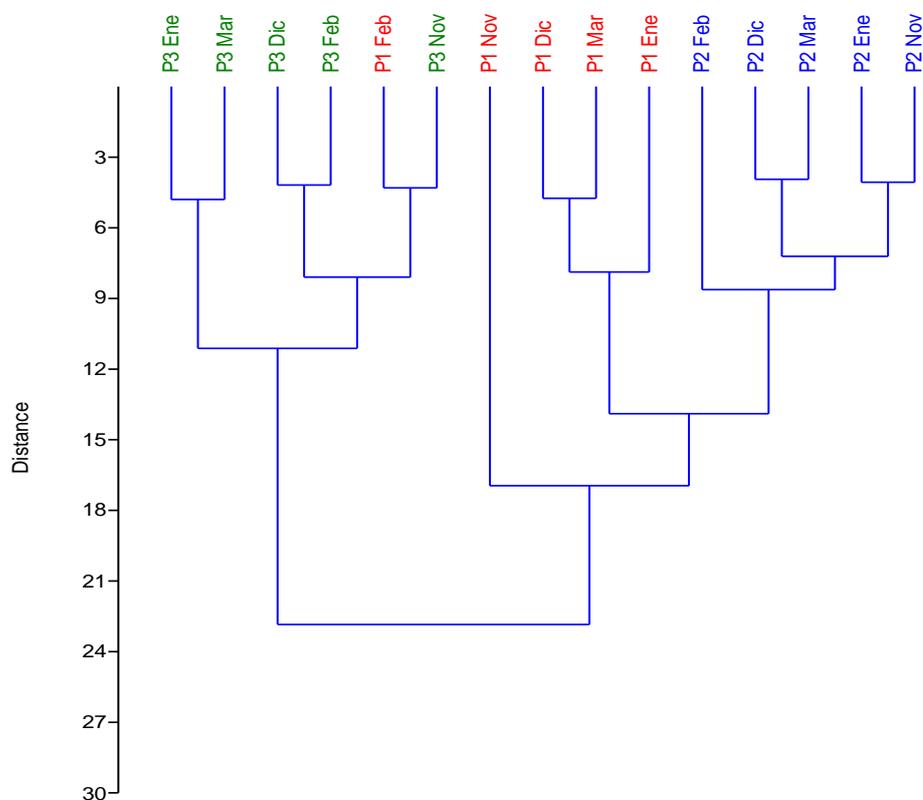


Figura 6. Dendrograma de los puntos P1, P2 y P3 de las especies de diatomeas epilíticas muestreadas en el río Carihuaycu

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Se observan 4 clusters claramente diferenciados. En el primero, se observa similitud entre los muestreos de enero y marzo del punto 3; en el segundo cluster se observa similitud entre los muestreos de noviembre, diciembre y febrero del punto 3, y el muestreo de febrero del punto 1; en el tercero se observa al muestreo de noviembre del punto 1; y, finalmente en el cuarto cluster se observa similitud entre las especies obtenidas en muestreos de diciembre, enero y marzo del punto 1, y muestreos de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo del punto 2.

Discusión

Se puede apreciar un claro gradiente en la calidad de agua en el río Carihuaycu, pues contrastando los resultados mediante factores abióticos se categoriza a los puntos P1, P2 y P3 como regular, mala y mala a la calidad del agua del río Carihuaycu, mediante factores bióticos (diatomeas) se categoriza como α -mesotrófico (contaminación fuerte) para el punto considerados como limpio (P1) y, como eutrófico (contaminación excesiva) para los puntos considerados como medio y contaminado (P2 y P3).

Según (Lobo *et al.*, 2016), (Lobo & Heinrich, 2016), especies como *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. G. Mann, *Encyonema minutum* (Hilse) D. G. Mann, *Nitzschia clausii* Hantzsch, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith, *Nitzschia inconspicua* Grunow tiene un valor trófico establecido; sin embargo, en este estudio estas especies tienen otro valor trófico establecido por el OMNIDIA, lo cual se debe a que las especies encontradas se ajustan a las condiciones de aguas ecuatorianas, es decir, una *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. G. Mann puede estar presente en aguas eutrofizadas según Lobo, pero según OMNIDIA puede presentarse en aguas oligotróficas, esto es importante porque se obtienen datos propios de nuestro ecosistema que pueden alimentar a la base OMNIDIA, y ser considerado para

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

próximas investigaciones.

Se debe considerar que según bibliografía algunas especies habitan en aguas eutróficas, y en este estudio se encontraron en aguas oligotróficas, esto se debe a que las especies que se encontraron son propias de las condiciones de nuestros ríos andinos ecuatorianos, y la bibliografía comprende las mismas especies con condiciones propias de otros ríos como en Francia, Brasil, Uruguay, Colombia, etc.

El análisis canónico de correspondencia demostró que las especies de diatomeas epilíticas encontradas en el punto contaminado (P3) se encuentran afectadas por los vectores que determinan el grado de eutrofización, como lo son los nitratos, fosfatos y coliformes fecales, mientras que el punto medio (P2) se encuentra afectado por el vector representado por el oxígeno disuelto, y el punto limpio (P1) que presenta una menor contaminación se encuentra lejos de dichos vectores.

Según la interpretación del dendograma, las especies encontradas en el punto medio (P2) y punto contaminado (P3) presentaron mucha similitud de especies entre ellos encontradas en cada uno de sus monitoreos mensuales, a diferencia del punto limpio (P1), que presentó cierta disparidad en las especies encontradas en el mes de noviembre y febrero específicamente.

Se evidenció ciertas características morfológicas en especies como *fragilaria arcus*, ciertas deformaciones en el frústulo que pueden considerarse como condiciones teratológicas (Olenici *et al.*, 2016) como presencia de metales pesados, esto fue evidenciado en la especie *fragilaria arcus* encontrada en el punto P3.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Conclusiones.

A través de parámetros físicos-químicos, la calidad del agua evaluada fue de: regular, mala y mala calidad en los puntos P1, P2 y P3, respectivamente.

A través de factores bióticos (diatomeas) se categoriza como α -mesotrófico (contaminación fuerte) para el punto considerados como limpio (P1) y, como eutrófico (contaminación excesiva) para los puntos considerados como medio y contaminado (P2 y P3).

Se evidencia un gradiente de eutrofización creciente desde aguas arriba hacia aguas abajo según la evaluación abiótica y biótica.

Se encontró mayor diversidad de especies aguas arriba con respecto a la diversidad encontrada aguas abajo, lo cual indica que ciertas especies se vuelven sensibles a los niveles de contaminación encontrados aguas abajo. También se encontró mayor riqueza y equidad en el punto limpio (P1) respecto a puntos medio (P2) y contaminado (P3).

A través de este estudio se aporta con información de especies propias encontradas en un río andino ecuatoriano para alimentar una de las bases de datos de índices diatomológicos más importante como OMNIDIA. Además, este aporte es importante para considerar el índice biológico de calidad de aguas para el Ecuador.

Se contribuye con una colección de especies diatomeas identificadas en el río Carihuaycu para la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la UISEK, con el afán de que pueda servir de consulta para futuras investigaciones.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Recomendaciones.

Para obtener información más fiable de acuerdo a las condiciones particulares de nuestros ríos en Ecuador en cuanto a índice de calidad de agua, se debería replantear una nueva tabla de valores con ponderaciones de los parámetros físicos-químicos, pues actualmente se realiza este estudio con ponderaciones hechas por Moretto en ríos del Sur de Brasil. Este sería un rol interesante que podría llevar a cabo la Academia o entidades con interés de investigar la calidad de agua en cuerpos hídricos.

Es importante desarrollar un conocimiento medio de taxonomía de diatomeas sustentado en tutores o bibliografía para exitosamente identificar especies que pueden considerarse como bioindicadoras, una limitante importante puede ser la poca información existente en bibliografía referente a vistas pleurales para identificar especies.

Considerar en posteriores estudios particularidades existentes en morfologías de taxones identificados, por ejemplo cambios en el contorno de una fragilaria arcus o Roichosphenia que pueden basarse en condiciones teratológicas posiblemente por presencia de metales pesados, o condiciones de cambios de temperatura.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Bibliografía.

American Public Health Association. APHA. (2005). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21a Ed. 9222B Standard Total Coliform Membrane Filter Procedure.

Baird, C., (2004). Química Ambiental. University of Western Ontario. Editorial Reverté. S.A. Barcelona. España.

Benito, X., Feitl, M., Fritz, S., Mosquera, P., Schneider, T., Hampel, H., Quevedo, L., Steinitz-Kannan, M. (2019). Identifying temporal and spatial patterns of diatom community change in the tropical Andes over the last c. 150 years. <https://doi.org/10.1111/jbi.13561>

Blanco, S., (2010). Generador de números aleatorios para recuentos en microscopía óptica. León. España.

Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C. (2008) A test on different aspects of diatom processing techniques. https://www.academia.edu/206808/Blanco_S_%C3%81lvarez_I_Cejudo_C_2008._A_test_on_different_aspects_of_diatom_processing_techniques._J._Appl._Phycol._20_445-450.

Blanco, S., Blanco, I., Cejudo-Figueiras, C., Bécares, E. (2010). Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero. Valladolid. España.

Battarbee, R. (1986). Diatoms analysis. Berglund. Handbook of Holocene Paleohydrology. New York.

Battarbee, R., Jones, V., Flower, R., Cameron, N., Bennion, H., Carvalho, L., Juggins, S. (2001). Tracking Environmental Change Using Lake Sediments London: Kluwer Academic Publishers.

Castillejo, P., Chamorro, S., Paz, L., Heinrich, C., Carrillo, I., Salazar, J., Navarro, J., Lobo,

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

E. (2018). Response of epilithic diatom communities to environmental gradients along an Ecuadorian Andean River. Quito. Ecuador.

Coral, K., (2013). Evaluación y control de la contaminación de aguas residuales. UISEK .

De La Torre, E., (2009). Contaminación hídrica y su control.

ECS-European Committee for Standardization. 2003. Ecs. Water quality-Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers. http://www.safrass.com/partners_area/BSI%20Benthic%20diatoms.pdf.

García, Q., (2012). Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile.

Granizo, F., (2011). El Estado Trófico de la Laguna de Limoncocha en el periodo (febrero 2010 – enero 2011). Quito. UISEK.

Gutiérrez, N., (2018). Evaluación de la calidad de agua en ríos de alta montaña de la reserva ecológica Antisana utilizando diatomeas epilíticas como bioindicadores. Quito. UISEK.

Hernández, S., (2012). Indicadores biológicos de calidad de las aguas superficiales de la subcuenca del río Viejo, utilizando fitobentos (diatomeas). Revista Universidad y Ciencia.

Heinrich, C., Palacios-Peñaranda, M., Peña-Salamanca, E., Schuch, M., Lobo, E. (2013). Epilithic diatom flora in Cali River Hydrographical Basin, Colombia.

Henry, J., Heinke, G. (1999) Ingeniería Ambiental. Prentice Hall. México.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. INVEMAR. (2003). Manual de Técnicas Analíticas para la determinación de parámetros físicoquímicos y contaminantes marinos. Santa Martha. Colombia.

Kobayasi, H., Mayama, S. (1982). Most pollution-tolerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo. Japón.

Lobo, E.A., Wetzel, C.E., Schuch, M., Ector, L., (2014). Diatomáceas Epilíticas como

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

- indicadores da qualidade da água em sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. Santa Cruz do Sul. EDUNISC.
- Lobo, E.A., Schuch, M., Heinrich, C.E., Da Costa, A., Düpont, A., Wetzel, C.E., Ector, L., (2015). Development of The Trophic Water Quality Index (TWQI) for Subtropical temperate Brazilian lotic systems.
- Lobo, E.A., Heinrich, C.E., Schuch, M., Wetzel, C.E., Düpont, A., Da Costa, A., Ector, L., (2016). Índice Trófico de qualidade da água: Guia Ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. EDUNISC.
- Metzeltin, D., & Lange-Bertalot, H. (1998). Tropical diatoms of South America, about 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. Königstein: Koeltz Scientific Books.
- Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H., & García-Rodríguez, F. (2005). Diatoms of Uruguay. Compared with of othertaxa from South america and elsewhere. Iconographia Diatomologica. Ruggsell. Uruguay.
- Metzeltin, D., & Lange-Bertalot, H. (2007). Tropical diatoms of South America II. Volume 18.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T - Manuales Y Tesis SEA, 1, 84. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103709>.
- Moretto, D., L., Panta, R., E., Da Costa, A., B., Lobo, E., A. (2012). Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution No. 357/2005 of the Environmental National Council (CONAMA).
- Mostacedo, B., Fredericksen, T. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz de la Sierra. Bolivia.
- Necchi, JR., O., (2016). River Algae. Sao Paulo. Brasil.
- Olenici, A., Borrego-Ramos, M., Blanco, S., Momeu, L., Baciú, C. (2017). Evaluación del

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

efecto de los metales pesados sobre las diatomeas bentónicas en Rosia Montana (Rumanaia) mediante geometría morfométrica.

OMNIDIA, Omnidia software for taxonomy, calculation of diatom índices and inventories management. V.6.0.2. 2017 <http://www.omnidia.fr>

Petersen, R. (1975). The paradox of the plankton: an equilibrium hypothesis.

Posselt, E., Da Costa, A., Lobo, E. (2011). Software IQADData. UNISC. Santa Cruz do Sul. Brasil.

Registro Oficial No.387. ANEXO 1. Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua: 2015.

Rosero, K., (2106). Establecimiento de un índice biótico para determinar la calidad de aguas de los ríos andinos presentes en el Ecuador basado en poblaciones de diatomeas epilíticas. Quito. Ecuador.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Semarnat (2007). Índice de Calidad del Agua General "ICA".

Steinitz-Kannan, M. (1979). Comparative limnology of ecuadorian lakes: A study of species number and composition of plankton communities of the Galapagos islands and the Equatorial Andes. The Ohio State University.

Stigliani, T.S., (2004). Química Medioambiental (2da Ed.). España. Pearson Educación S.A.

Wright, B.N., (1999). Ciencias Ambientales. Ecología y Desarrollo Sostenible. México. Prentice Hall.

Tucci, C., (2009). Plan de manejo integrado de los recursos hídricos en la cuenca alta del río Guayllabamba. BID. FONAG.

Tundisi, J., G., (2014). Recursos hídricos no Brasil, problemas, desafíos e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro.

UNEP (1992). Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi.

Uvillús, S., (2017). Caracterización de la composición florística de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización en el río “La Compañía” del cantón Mejía. Universidad SEK.

<https://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecocomunidades/TPN3Diversidad.pdf>.

<https://www.algaebase.org/>

<https://diatoms.org>.

Índice de figuras

Figura 1. Mapa del área de estudio. Ubicación del río Carihuaycu en Paluguillo.....	18
Figura 2. Puntos de muestreo sobre el río Carihuaycu: Punto limpio, punto medio y punto contaminado.....	19
Figura 3. Medición de parámetros pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura con multiparámetro HACH HQ4Od.....	21
Figura 4. Diagrama de dispersión de análisis de correspondencia canónica de los puntos P1, P2 y P3 de las especies de diatomeas epilíticas muestreadas en el río Carihuaycu.....	30
Figura 5. Diagrama de dispersión de análisis de correspondencia canónica de las 71 especies de diatomeas epilíticas muestreadas en el río Carihuaycu.....	31
Figura 6. Dendograma de los puntos P1, P2 y P3 de las especies de diatomeas epilíticas muestreadas en el río Carihuaycu.....	32

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Índice de cuadros

Cuadro 1. Comparación de asignación de pesos relativos para determinar el ICA, según la NSF, y la calibración efectuada por Moretto.....	12
Cuadro 2. Clasificación del índice de calidad del agua.....	13
Cuadro 3. Relación entre índice trófico de la calidad del agua (ITCA) y calidad de agua.....	15
Cuadro 4. Puntos de muestreo sobre el río Carihuyacu.....	19
Cuadro 5. Evaluación general del ICA según IQAData en puntos 1, 2 y 3 del río Carihuaycu.....	23
Cuadro 6. Distribución de especies de diatomeas encontradas en el punto 1, 2 y 3 en el río Carihuyacu.....	24
Cuadro 7. Valores de riqueza, diversidad y equidad obtenidos en Punto 1, 2 y 3.....	26
Cuadro 8. Especies bioindicadoras encontradas en el punto 1 (Punto limpio).....	27
Cuadro 9. Especies bioindicadoras encontradas en el punto 2 (Punto medio).....	27
Cuadro 10. Especies bioindicadoras encontradas en el punto 3 (Punto contaminado).....	27
Cuadro 11. Índice trófico de la calidad del agua encontrada mediante algas bioindicadoras....	28
Cuadro 12. Comparación de parámetros obtenidos en puntos 1, 2 y 3 según criterios de calidad del agua de la normativa ambiental vigente.....	29

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

ANEXO 1. Cuadro de parámetros físicos-químicos *in situ* y *ex situ* obtenidos durante los muestreos de noviembre del 2017 al marzo del 2018 en el río Carihuaycu.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

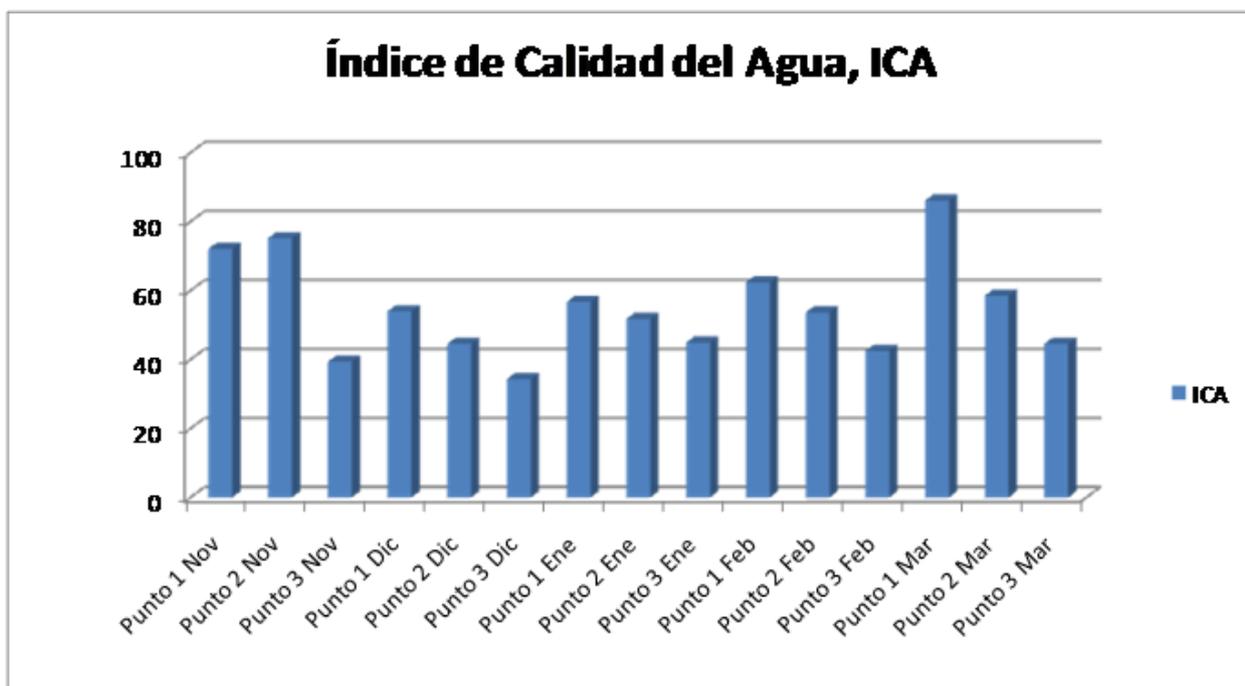
MES	PUNTOS	ΔT(°C)	pH	CE (uS/cm)	OXIGENO DISUELTO (mg/L)	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L)	DBO (mg/L)	TURBIDEZ (NTU)	FOSFATOS (mg/L)	NITRATOS (mg/L)	COLIFORMES (NMP/100 mL)
NOV	P1	12,9	7,17	14,7	7,16	28	2,43	2	0,74	0,16	1000
	P2	13,2	7,19	107	7,48	35	4,52	2,2	0,88	0,07	1000
	P3	14,6	7,2	121,9	7,14	168	7,48	6,5	1,63	0,11	12000
DIC	P1	11,6	7,23	32	6,61	170	3,36	5,4	0,42	0,05	2000
	P2	12,9	7,44	51,4	7,62	140	4,21	5,8	1,5	0,12	5000
	P3	15,4	7,31	54,6	7,01	164	5,14	7,2	3,2	0,16	13000
ENE	P1	8,6	7,7	43,8	7,18	36	4,8	7,8	0,37	0,02	1000
	P2	11,6	7,9	51,9	8,07	43	5,62	27	0,55	0,04	1000
	P3	12,4	7,8	71,7	8,01	41	6,48	30	0,86	0,05	3000
FEB	P1	11,1	7,89	85,6	6,92	78	4,95	2,3	0,124	0,05	2000
	P2	12,8	8,21	96,5	8,01	78	8,5	2,05	0,055	0,09	15000
	P3	17,2	7,96	122,2	7,96	115	8,63	9,78	0,479	0,28	28000
MAR	P1	10,1	7,19	134,6	6,53	11	6,78	3,53	0,264	0,09	1000
	P2	12,3	7,7	112,8	6,84	33	5,58	2,71	0,283	0,11	2000
	P3	13,8	7,72	135,2	7,07	122	9,78	4,07	0,551	0,25	18000

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

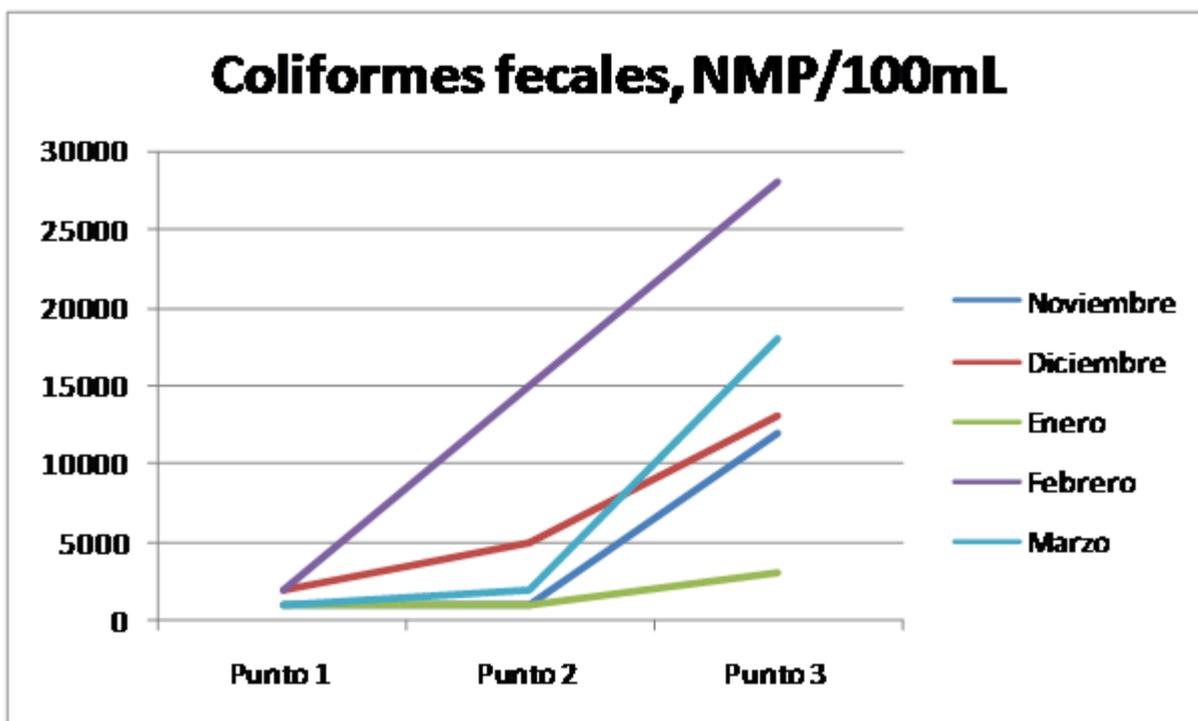
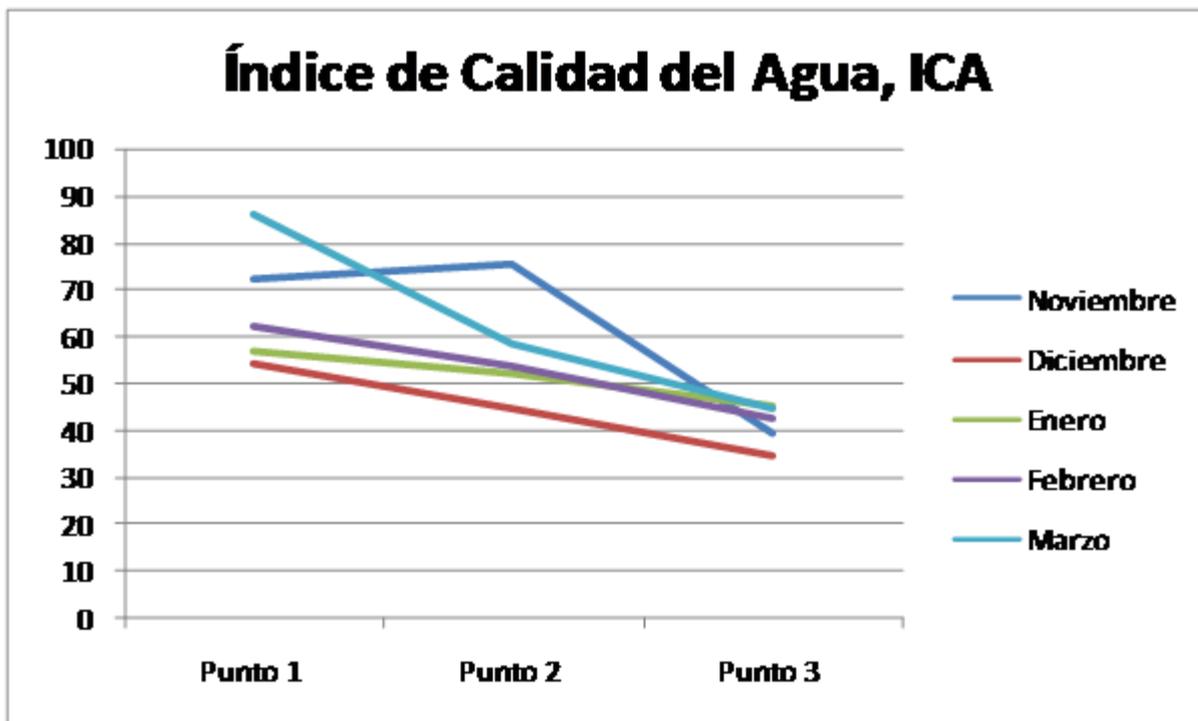
ANEXO 2. Evaluación del ICA según IQAData, nitratos, fosfatos y coliformes fecales por punto de muestreo mensual de noviembre del 2017 al marzo del 2018 en el río Carihuaycu.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

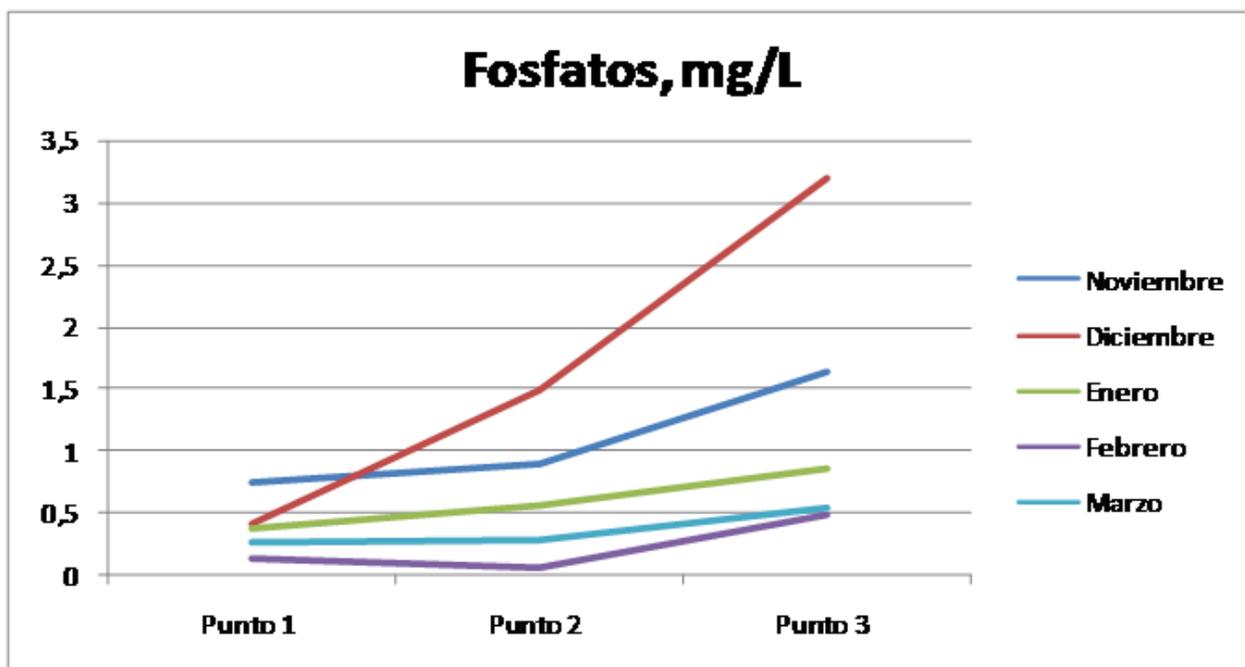
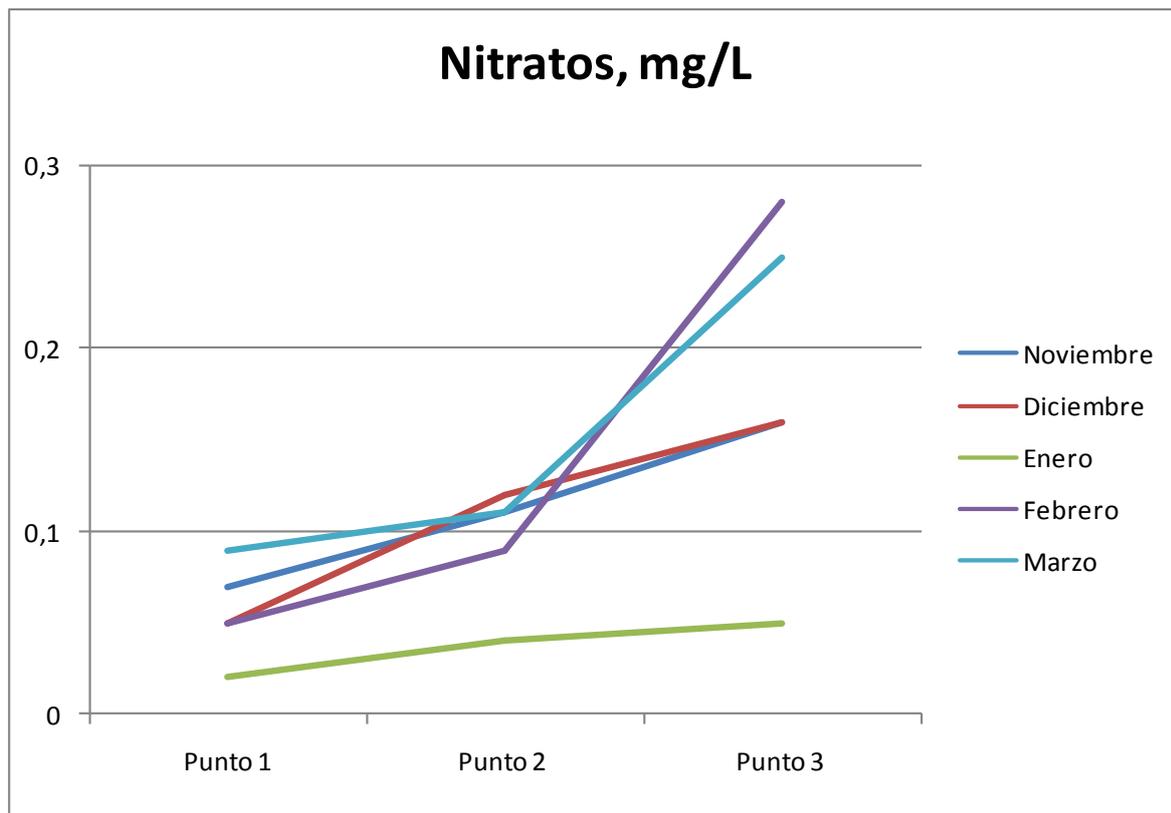
Punto	ICA	Clasificación
Punto 1	75,32	Buena
Punto 2	73,26	Buena
Punto 3	38,26	Mala
Punto 1 Dic	54,01	Regular
Punto 2 Dic	43,39	Mala
Punto 3 Dic	33,44	Mala
Punto 1 Ene	56,68	Regular
Punto 2 Ene	51,79	Regular
Punto 3 Ene	44,92	Mala
Punto 1 Feb	62,36	Regular
Punto 2 Feb	50,94	Regular
Punto 3 Feb	42,5	Mala
Punto 1 Mar	81,12	Buena
Punto 2 Mar	55,7	Regular
Punto 3 Mar	41,61	Mala



CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN



CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN



CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

ANEXO 3. Resumen de corrida de parámetros para obtención de ICA en el IQAData

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

IQADData...: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul

Dirección:Av. Independência, 2293

Barrio:Universitário

Ciudad:Santa Cruz do Sul

Sitio:www.unisc.br

Departamento:Eng. Produção

Contacto:Adilson

Código postal:96815-900

Teléfono:(51) 3717-7300

E-mail:adilson@unisc.br

Muestras de agua

Local:	PUNTO # 1 NOVIEMBRE	Fecha:	25/11/2017
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	75,32
Altitud (m):	3648	Clasificación	Buena
Local:	PUNTO # 2 NOVIEMBRE	Fecha:	25/11/2017
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	73,26
Altitud (m):	2794	Clasificación	Buena
Local:	PUNTO # 3 NOVIEMBRE	Fecha:	25/11/2017
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	38,26
Altitud (m):	2585	Clasificación	Malo
Local:	PUNTO # 1 DICIEMBRE	Fecha:	17/12/2017
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	9:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	54,01
Altitud (m):	3648	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO # 2 DICIEMBRE	Fecha:	17/12/2017
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	43,39
Altitud (m):	2794	Clasificación	Malo
Local:	PUNTO # 3 DICIEMBRE	Fecha:	17/12/2017
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	33,44
Altitud (m):	2585	Clasificación	Malo
Local:	PUNTO # 1 ENERO	Fecha:	20/01/2018
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	9:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	56,68
Altitud (m):	3648	Clasificación	Regular

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Muestras de agua

Local:	PUNTO # 2 ENERO	Fecha:	20/01/2018
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	12:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	51,79
Altitud (m):	2585	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO # 3 ENERO	Fecha:	20/01/2018
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	44,92
Altitud (m):	2585	Clasificación	Malo
Local:	PUNTO # 1 FEBRERO	Fecha:	03/02/2018
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	9:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	61,04
Altitud (m):	3648	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO # 2 FEBRERO	Fecha:	03/02/2018
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	50,94
Altitud (m):	2794	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO # 3 FEBRERO	Fecha:	03/02/2018
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	12:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	40,01
Altitud (m):	2585	Clasificación	Malo
Local:	PUNTO # 1 MARZO	Fecha:	17/03/2018
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	9:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	81,12
Altitud (m):	3663	Clasificación	Buena
Local:	PUNTO # 2 MARZO	Fecha:	17/03/2018
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	55,70
Altitud (m):	2794	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO # 3 MARZO	Fecha:	17/03/2018
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	12:30:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	44,57
Altitud (m):	2585	Clasificación	Malo

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Muestras de agua

Local:	PUNTO # 1 EVALUACIÓN GENERAL	Fecha:	19/09/2019
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	55,98
Altitud (m):	3648	Clasificación	Regular
Local:	PUNTO # 2 EVALUACIÓN GENERAL	Fecha:	19/09/2019
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	14:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	47,34
Altitud (m):	2794	Clasificación	Malo
Local:	PUNTO # 3 EVALUACIÓN GENERAL	Fecha:	19/09/2019
Corpo Hídrico:	RÍO CARIHUAYCU	Hora:	14:00:00
Bacia Hidrográfica:	Cuenca del río Guayllabamba	ICA:	unisc lobo rio pardo
Ciudad:	QUITO	Resultados:	38,52
Altitud (m):	2585	Clasificación	Malo

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

ANEXO 4. Distribución mensual de especies de diatomeas en los puntos 1, 2 y 3 de noviembre del 2017 a marzo 2018

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Especie (Punto 1)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	25	24	31	4	2	86
<i>Achnantheidium rivulare</i> Potapova & Ponader	5	14	28	13	5	65
<i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	0	0	1	0	0	1
<i>Achnantheidium sp.</i>	5	4	16	2	3	30
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	0	0	7	0	1	8
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	5	0	0	0	0	5
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	0	0	1	0	0	1
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	0	0	0	1	0	1
<i>Discotella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	0	15	7	62	6	90
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	30	12	5	32	2	81
<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow	15	5	0	0	0	20
<i>Encyonema sp.</i>	5	0	0	0	1	6
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia elucens</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow	0	0	0	0	1	1
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	0	5	6	7	2	20
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen	1	1	2	3	1	8
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria candidagilae</i> Almeida, Delgado, Novais & S. Blanco	0	0	0	0	1	1
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F.Carlson	0	0	1	0	0	1
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	0	1	1	4	2	8
<i>Gomphonema cf. Capsulare</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	1	0	1	7	2	11
<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot	3	2	0	4	2	11
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E.Reichardt	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema elegantissimum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot	1	0	2	0	0	3
<i>Gomphonema capsulare</i> J.A.Ress, E.W. Thomas & Kociolek	0	0	0	0	2	2
<i>Gomphonema capitatum</i> Ehrenberg	1	1	1	0	0	3
<i>Gomphonema laticollum</i> E.Reichardt	0	0	2	0	0	2
<i>Grunowia solgensis</i> (A.Cleve) Aboal	0	0	0	0	0	0
<i>Humidophila lacunosa</i> (Gerd Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin) Lowe, Ko	0	0	23	0	2	25
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov	0	0	0	2	0	2
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann	0	0	26	30	10	66
<i>Luticola mutica</i> (Kützig) D. G. Mann	0	0	20	3	0	23
<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	0	0	0	1	0	1
<i>Luticola sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola peguana</i> (Grunow) D.G.Mann ex Rarick, S.Wu, S.S.Lee & Edlund	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	0	1	0	0	2	3
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	5	4	3	5	3	20
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	8	31	34	35	33	141
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	67	74	44	14	56	255

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Especie (Punto 1)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
<i>Navicula rhyncocephala</i> Kützing	30	0	0	0	1	31
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	15	3	2	1	2	23
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	4	0	0	0	1	5
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	0	0	1	0	6	7
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst	0	0	0	0	2	2
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	2	11	0	3	0	16
<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith	8	0	0	0	0	8
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	0	11	4	6	7	28
<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	8	20	6	7	6	47
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	16	58	7	27	41	149
<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow	61	0	0	0	0	61
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	0	0	0	38	0	38
<i>Nitzschia cf. clausii</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia liebethruth</i> Rabenh	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1	0	6	0	0	7
<i>Planothidium haynaldii</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	0	1	7	1	0	9
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	8	1	10	15	3	37
<i>Reimeira sinuata</i> (W.Gregory) Kociolek & Stoermer	3	5	0	6	5	19
<i>Reimeira uniseriata</i> S.E.Sala, J.M.Guerrero & M.E.Ferrario	8	1	4	0	2	15
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	4	89	90	58	187	428
<i>Rhoicosphenia tenuis</i> Z.Levkov & T.Nakov	57	3	0	0	0	60
<i>Rophalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Müller	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella angusta</i> Kützing	0	0	0	0	0	0
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	0	0	4	1	0	5
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	0	3	0	0	1	4
						2000

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Especie (Punto 2)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	7	2	1	11	9	30
<i>Achnantheidium rivulare</i> Potapova & Ponader	2	5	1	16	6	30
<i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	0	0	1	0	0	1
<i>Achnantheidium sp.</i>	0	0	0	0	7	7
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	32	33	45	44	35	189
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	0	1	0	0	0	1
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	0	0	0	0	1	1
<i>Discotella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	0	1	0	0	0	1
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	20	14	13	21	19	87
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	17	2	19	3	0	41
<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow	6	9	6	6	6	33
<i>Encyonema sp.</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing	0	5	1	0	0	6
<i>Eunotia elucens</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	5	7	4	3	5	24
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen	9	10	8	10	8	45
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	0	0	0	1	0	1
<i>Fragilaria candidagilae</i> Almeida, Delgado, Novais & S. Blanco	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F.Carlson	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	7	4	2	0	1	14
<i>Gomphonema cf. Capsulare</i>	0	1	0	4	0	5
<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	1	1	1	2	0	5
<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E.Reichardt	0	1	0	1	0	2
<i>Gomphonema elegantissimum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot	0	0	0	1	0	1
<i>Gomphonema capsulare</i> J.A.Ress, E.W. Thomas & Kociolek	0	0	0	2	1	3
<i>Gomphonema capitatum</i> Ehrenberg	0	1	0	0	0	1
<i>Gomphonema laticollum</i> E.Reichardt	0	1	0	0	1	2
<i>Grunowia solgensis</i> (A.Cleve) Aboal	1	0	2	0	0	3
<i>Humidophila lacunosa</i> (Gerd Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin) Lowe, Ko	1	0	0	0	0	1
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann	1	4	1	6	1	13
<i>Luticola mutica</i> (Kützig) D. G. Mann	0	1	0	0	0	1
<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	0	1	0	0	0	1
<i>Luticola sp.</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Luticola peguana</i> (Grunow) D.G.Mann ex Rarick, S.Wu, S.S.Lee & Edlund	0	0	0	1	0	1
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	0	0	0	0	3	3
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	5	5	4	6	4	24
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	7	7	20	6	7	47
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	46	66	82	57	64	315
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	35	72	72	40	57	276

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Especie (Punto 2)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
<i>Navicula rhyncocephala</i> Kützing	0	0	0	2	0	2
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	17	6	0	4	3	30
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	0	0	0	1	0	1
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst	2	0	0	1	0	3
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	4	6	15	2	12	39
<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith	1	0	0	0	0	1
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	1	4	1	7	5	18
<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	9	1	0	7	0	17
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	21	5	23	26	24	99
<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	0	0	1	3	0	4
<i>Nitzschia cf. clausii</i>	0	0	2	0	0	2
<i>Nitzschia liebethruth</i> Rabenh	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	0	0	0	0	0	0
<i>Planothidium haynaldii</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	2	1	0	0	0	3
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	3	2	0	0	4	9
<i>Reimeira sinuata</i> (W.Gregory) Kociolek & Stoermer	8	3	3	5	4	23
<i>Reimeira uniseriata</i> S.E.Sala, J.M.Guerrero & M.E.Ferrario	4	0	1	3	1	9
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	125	116	69	96	111	517
<i>Rhoicosphenia tenuis</i> Z.Levkov & T.Nakov	0	0	1	0	0	1
<i>Rophalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Müller	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella angusta</i> Kützing	0	0	0	0	0	0
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	0	0	0	0	0	0
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	1	2	0	0	1	4
						2000

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Especie (Punto 3)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	4	4	0	2	4	14
<i>Achnanthydium rivulare</i> Potapova & Ponader	7	7	0	3	3	20
<i>Achnanthydium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthydium sp.</i>	0	0	0	3	4	7
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	1	0	0	0	1	2
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	0	25	8	18	17	68
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0	0	0	0	3	3
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	0	0	0	0	0	0
<i>Discotella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	0	0	0	1	0	1
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	6	10	2	24	13	55
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	1	3	2	4	4	14
<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia elucens</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	1	0	0	1
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	0	1	2	0	2	5
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen	2	2	0	0	3	7
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria candidagilae</i> Almeida, Delgado, Novais & S. Blanco	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F.Carlson	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	0	2	2	0	0	4
<i>Gomphonema cf. Capsulare</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	1	2	3	1	0	7
<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot	4	4	0	2	0	10
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E.Reichardt	0	2	0	0	0	2
<i>Gomphonema elegantissimum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot	0	1	0	1	0	2
<i>Gomphonema capsulare</i> J.A.Ress, E.W. Thomas & Kociolek	0	2	0	2	0	4
<i>Gomphonema capitatum</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema laticollum</i> E.Reichardt	0	0	0	0	0	0
<i>Grunowia solgensis</i> (A.Cleve) Aboal	0	0	0	0	0	0
<i>Humidophila lacunosa</i> (Gerd Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin) Lowe, Ko	0	0	0	0	0	0
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov	2	1	0	6	0	9
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann	32	4	48	11	44	139
<i>Luticola mutica</i> (Kützig) D. G. Mann	0	1	0	2	0	3
<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Luticola peguana</i> (Grunow) D.G.Mann ex Rarick, S.Wu, S.S.Lee & Edlund	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	0	0	0	0	2	2
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	1	0	0	1	1	3
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	85	120	50	91	53	399
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	19	50	82	35	29	215

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

Especie (Punto 3)	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
<i>Navicula rhyncocephala</i> Kützing	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory	2	4	0	0	0	6
<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	3	3	4	6	2	18
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst	10	0	0	0	0	10
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	3	1	3	10	0	17
<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith	3	4	3	4	3	17
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	24	6	4	12	15	61
<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	6	5	3	6	0	20
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	4	3	3	12	6	28
<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow	0	0	0	1	0	1
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	26	17	21	26	37	127
<i>Nitzschia cf. clausii</i>	0	2	1	0	10	13
<i>Nitzschia liebethruth</i> Rabenh	0	1	0	0	1	2
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	0	1	0	0	0	1
<i>Planothidium haynaldii</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	1	1	6	0	0	8
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	9	16	2	42	9	78
<i>Reimeira sinuata</i> (W.Gregory) Kociolek & Stoermer	5	6	2	6	1	20
<i>Reimeira uniseriata</i> S.E.Sala, J.M.Guerrero & M.E.Ferrario	2	0	0	3	4	9
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	137	83	144	59	124	547
<i>Rhoicosphenia tenuis</i> Z.Levkov & T.Nakov	0	2	0	2	4	8
<i>Rophalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Müller	0	0	0	1	0	1
<i>Surirella angusta</i> Kützing	0	0	1	1	0	2
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	0	3	3	1	1	8
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	0	0	0	0	0	0
						2000

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

ANEXO 5. Cuadro de códigos cortos empleados para denominar a especies diatomeas según la base de datos OMNIDIA

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

	Código	Denominación
1	AMII	<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki
2	ADRI	<i>Achnanthydium rivulare</i> Potapova & Ponader
3	ADEG	<i>Achnanthydium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki
4	ADCS	<i>Achnanthydium</i> sp.
5	CSIP	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve
6	CEUG	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg
7	CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing
8	CTUM	<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck
9	DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing
10	DPST	<i>Discotella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee
11	DSBO	<i>Diploneis subovalis</i> Cleve
12	ENMT	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann
13	ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann
14	ENV1	<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow
15	ENSP	<i>Encyonema</i> sp.
16	EPRO	<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing
17	EELU	<i>Eunotia elucens</i> Metzeltin & Lange-Bertalot
18	EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow
19	FART	<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve
20	FVAU	<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen
21	FGRA	<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup
22	FCAN	<i>Fragilaria candidagilae</i> Almeida, Delgado, Novais & S. Blanco
23	FRUM	<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F. Carlson
24	FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni
25	GCPS-cf	<i>Gomphonema</i> cf. <i>Capsulare</i>
26	GLGN	<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing
27	GPRI	<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>Rigidum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot
28	GEXL	<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E.Reichardt
29	GELG	<i>Gomphonema elegantissimum</i> E.Reichardt & Lange-Bertalot
30	GCPS	<i>Gomphonema capsulare</i> J.A.Ress, E.W. Thomas & Kociolek
31	GCAP	<i>Gomphonema capitatum</i> Ehrenberg
32	GLTC	<i>Gomphonema laticollum</i> E.Reichardt
33	GRSO	<i>Grunowia solgensis</i> (A.Cleve) Aboal
34	HULA	<i>Humidophila lacunosa</i> (Gerd Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin)
35	HLMO	<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov
36	LGOT	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann
37	LMUT	<i>Luticola mutica</i> (Kützig) D. G. Mann
38	LNIV	<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D. G. Mann
39	LUSP	<i>Luticola</i> sp.
40	LPEG	<i>Luticola peguana</i> (Grunow) D.G.Mann ex Rarick, S.Wu, S.S.Lee & Edlund

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

	Código	Denominación
41	MVAR	<i>Melosira varians</i> C.Agardh
42	NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing
43	NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot
44	NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin
45	NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg
46	NRHY	<i>Navicula rhyncocephala</i> Kützing
47	NTPT	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory
48	NRCR	<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot
49	NBRE	<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow
50	NCOM	<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst
51	NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst
52	NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith
53	NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith
54	NACD	<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot
55	NINC	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow
56	NSIN	<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow
57	NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch
58	NCLA -cf	<i>Nitzschia cf. clausii</i>
59	NLBT	<i>Nitzschia liebethruth</i> Rabenh
60	PGIB	<i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg
61	PHAY	<i>Planothidium haynaldii</i> (Schaarschmidt) Lange-Bertalot
62	PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot
63	PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot
64	RSIN	<i>Reimeira sinuata</i> (W.Gregory) Kociolek & Stoermer
65	RUNI	<i>Reimeira uniseriata</i> S.E.Sala, J.M.Guerrero & M.E.Ferrario
66	RABB	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot
67	RTEN	<i>Rhoicosphenia tenuis</i> Z.Levkov & T.Nakov
68	RGBL	<i>Rophalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Müller
69	SANG	<i>Suirella angusta</i> Kützing
70	TFLO	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing
71	UULN	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

ANEXO 6. Láminas de diatomeas encontradas durante los meses de noviembre, diciembre del 2017 y enero, febrero y marzo del 2018 en el río Carihuaycu.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

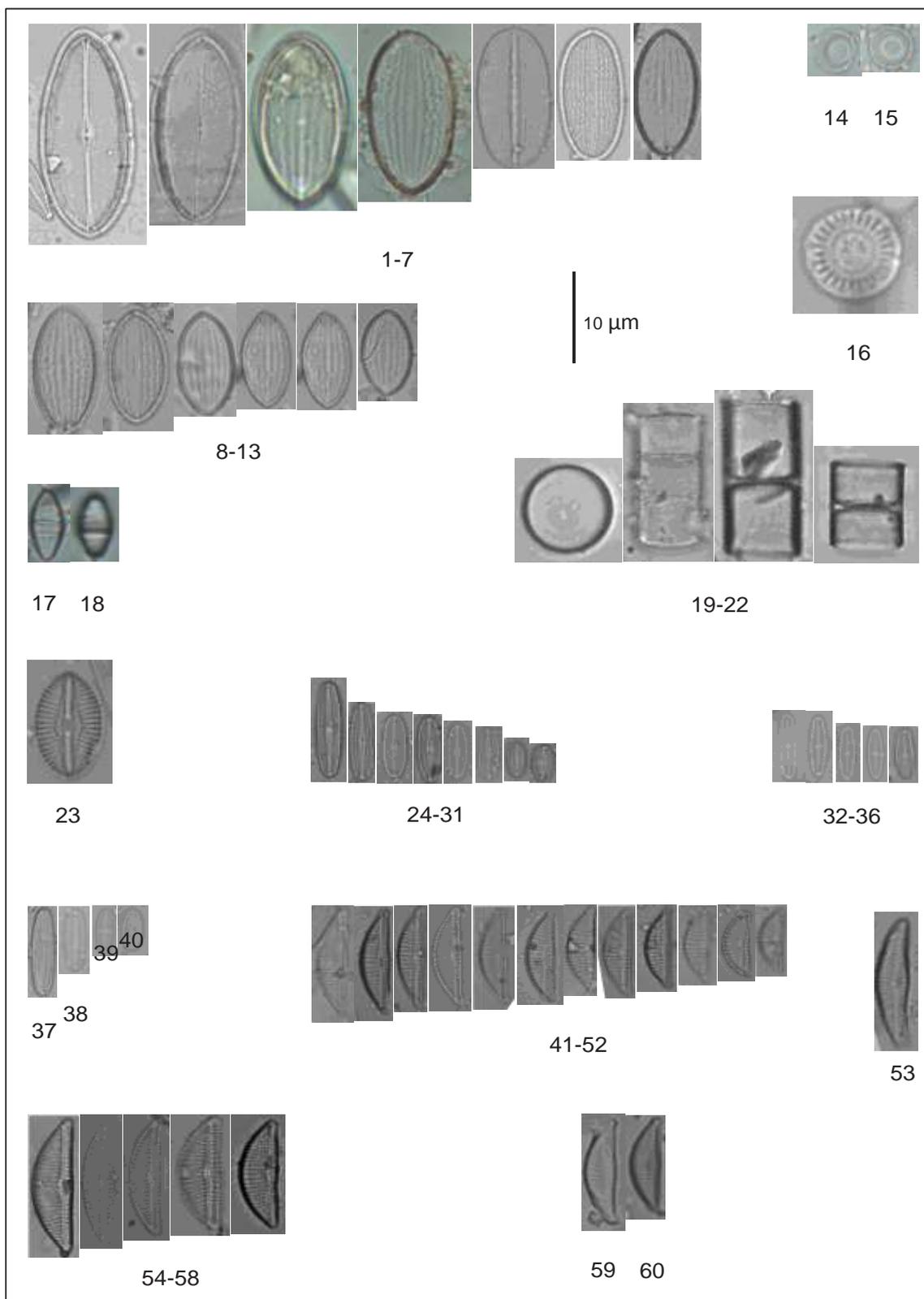


Lámina 1. Composición de Flora de diatomeas epilíticas en río Carihuaycu, Pichincha. **1-7; 8-13.** *Cocconeis euglypta*; **14-15.** *Cyclotella meneghiniana*; **16.** *Discotella pseudostelligera*; **17-18.** *Diatoma mesodon*; **19-22.** *Melosira varians*; **23.** *Diploneis subovalis*; **24-31.** *Achnanthydium rivulare*; **32-36.** *Achnanthydium minutissimum*; **37-40.** *Achnanthydium* sp.; **41-52.** *Encyonema minutum*; **53.** *Encyonema* sp.; **54-58.** *Encyonema silesiacum*; **59-60.** *Encyonema ventricosum*

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

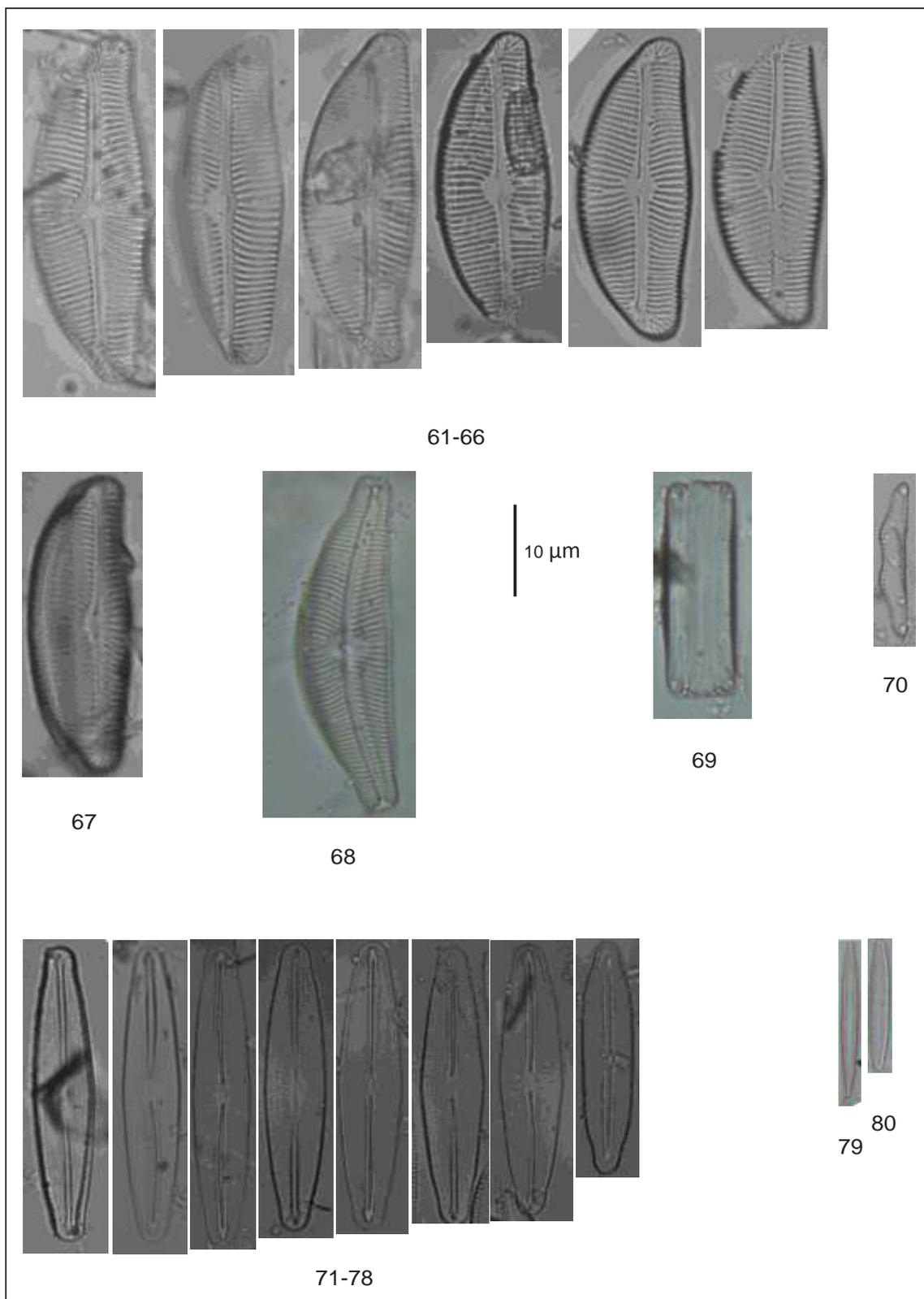


Lámina 2. Composición de Flora de diatomeas epilíticas en río Carihuaycu, Pichincha. **61-66; 67.** *Encyonema prostratum*; **68.** *Cymbella tumida*; **69.** *Eunotia minor*; **70.** *Eunotia elucens*; **71-78.** *Frustulia vulgaris*; **79-80.** *Fragilaria gracilis*.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

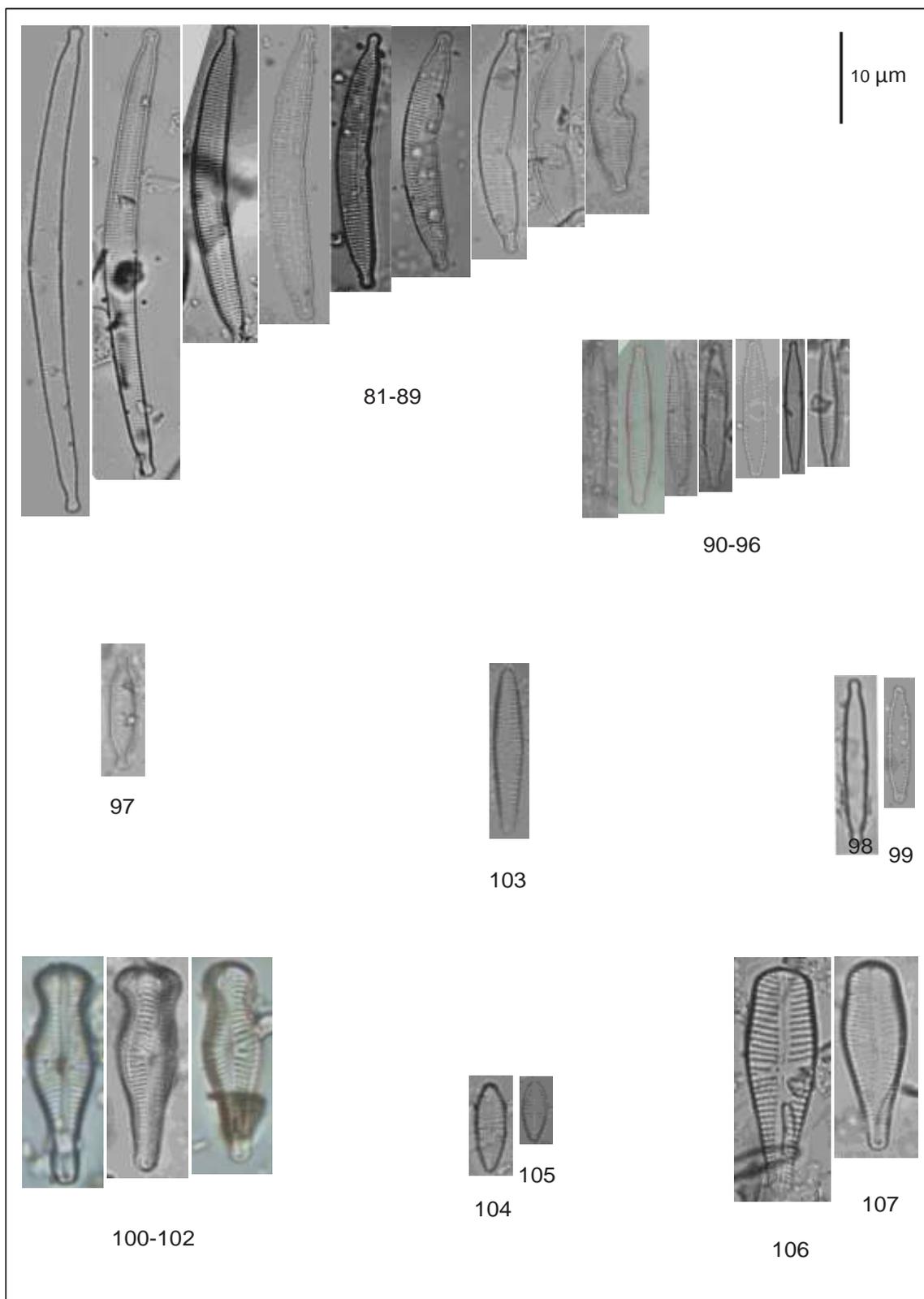


Lámina 3. Composición de Flora de diatomeas epilíticas en río Carihuaycu, Pichincha. **81-89.** *Fragilaria arcus*; **90-96.** *Fragilaria vaucheriae*; **97.** *Fragilaria candidagilae*; **98-99.** *Fragilaria rumpens*; **100-102.** *Gomphonema capitatum*; **103.** *Gomphonema pumilum* var *rigidum*; **104-105.** *Gomphonema elegantissimum*; **106-107.** *Gomphonema laticollum*.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

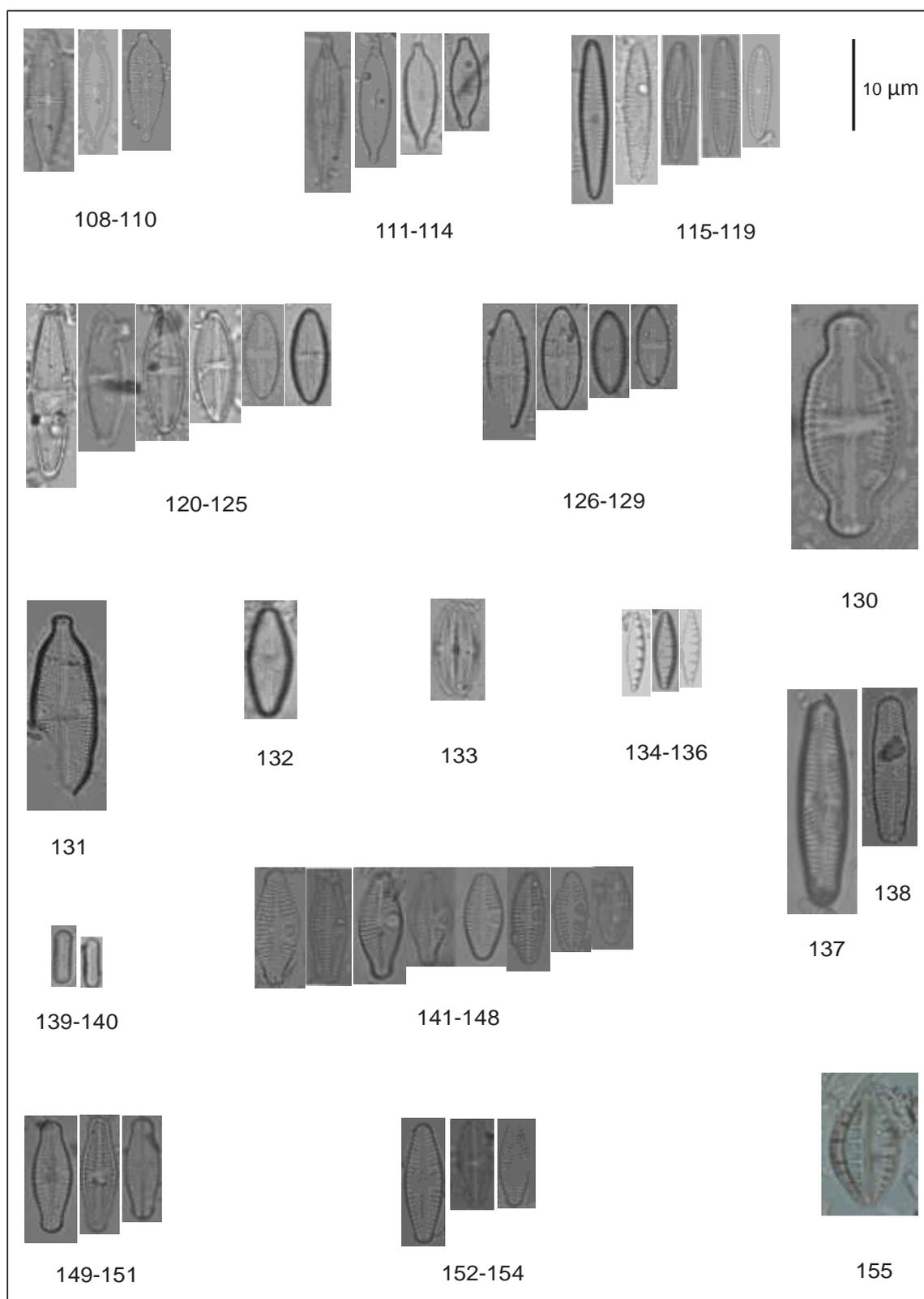


Lámina 4. Composición de Flora de diatomeas epilíticas en río Carihuaycu, Pichincha. **108-110.** *Gomphonema lagenula*; **111-114.** *Gomphonema exilissimum*; **115-118.** *Gomphonema cf. capsulare*; **120-125.** *Luticola peguana*; **126-129.** *Luticola goeppertiana*; **130.** *Achnanthidium exiguum*; **131.** *Luticola nivalis*; **132.** *Luticola sp.*; **133.** *Halamphona montana*; **134-136.** *Grunowia solgensis*; **137-138.** *Pinnularia gibba*; **139-140.** *Humidophila lacunosa*; **141-148.** *Planothidium frequentissimum*; **149-151.** *Planothidium haynaldii*; **152-154.** *Planothidium lanceolatum*; **155.** *Rophalodia gibberula*.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

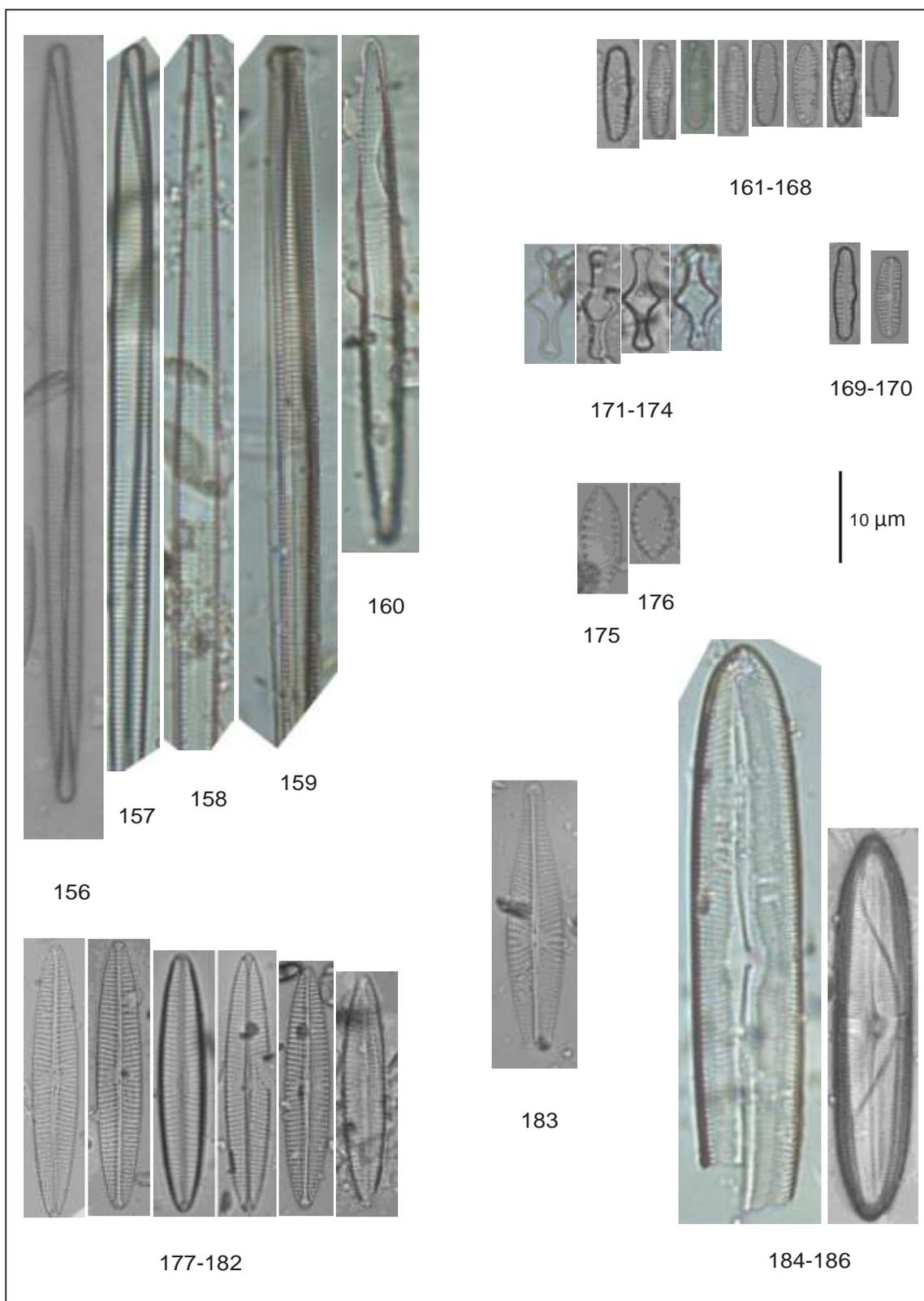


Lámina 5. Composición de Flora de diatomeas epilíticas en río Carihuaycu, Pichincha. **156-160.** *Ulnaria ulna*; **161-168.** *Reimeria Sinuata*; **169-170.** *Reimeria uniseriata*; **171-174.** *Tabellaria flocculosa*; **175-176.** *Surirella angusta*; **177-182.** *Navicula tripunctata*; **183.** *Navicula rhyngocephala*; **184-186.** *Caloneis silicula*.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

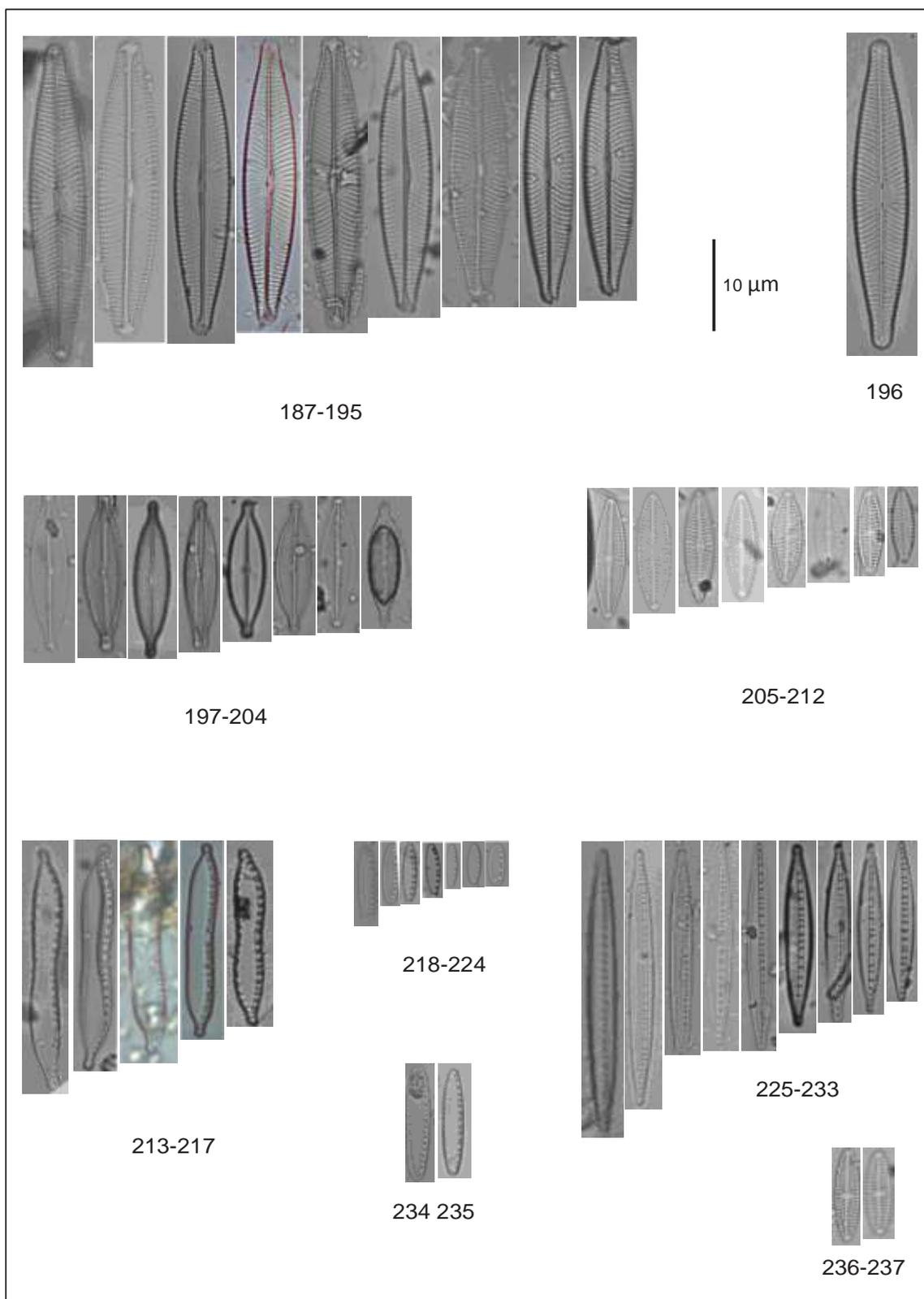


Lámina 6. Composición de Flora de diatomeas epilíticas en río Carihuaycu, Pichincha. **187-195.** *Navicula lanceolata*; **196.** *Navicula cryptocephala*; **197-204.** *Navicula gregaria*; **205-212.** *Navicula cryptotenella*; ; **213-217.** *Navicula brevissima*; **218-224.** *Nitzschia inconspicua*; **225-233.** *Nitzschia dissipata*; **234-235.** *Nitzschia communis*; **236-237.** *Navicula reichardtiana*.

CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL RÍO CARIHUAYCU PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN

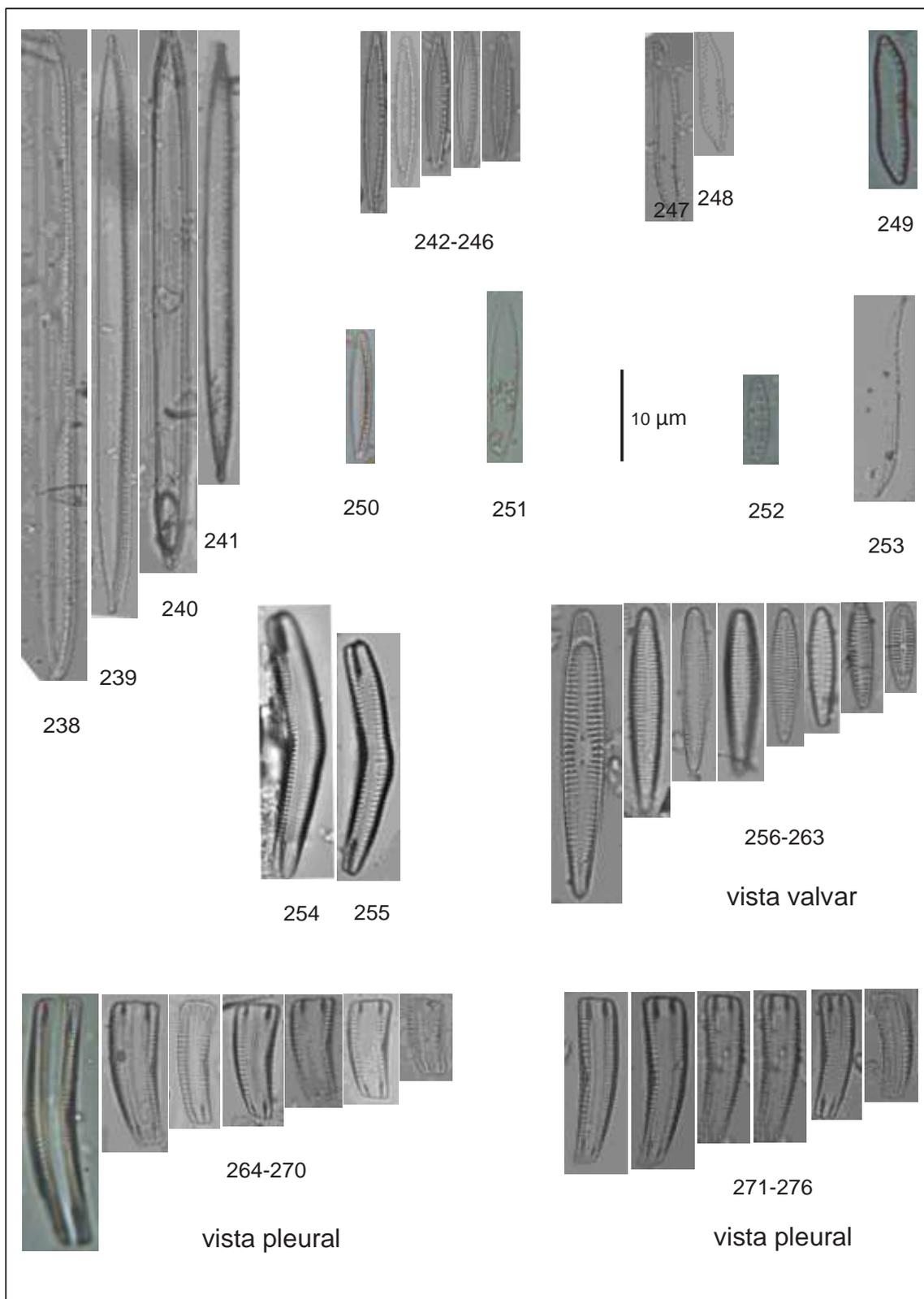


Lámina 7. Composición de Flora de diatomeas epilíticas en río Carihuaycu, Pichincha. **238-241.** *Nitzschia linearis*; **242-246.** *Nitzschia acidoclinata*; **247-248.** *Nitzschia clausii*; **249.** *Nitzschia cf. clausii*; **250.** *Nitzschia liebethruthii*; **251.** *Nitzschia palea*; **252.** *Nitzschia sinuata*; **253.** *Nitzschia sp.*; **254-255.** *Roichosphenia tenuis*; **256-263.** *Roichosphenia abbreviata*, vista valvar; **264-270; 271-276.** *Roichosphenia abbreviata*, vista pleural.