

RESUMEN

La contaminación de los recursos hídricos del Ecuador genera un impacto negativo para la salud humana y para el ambiente, también genera grandes problemas en el desarrollo económico y social de este país. Por lo tanto se requiere de un sistema de información que indique la calidad del agua, para diagnosticar posibles vertidos industriales o de aguas negras en el momento de su ejecución y de esta forma, gestionar eficientemente los recursos hídricos del Ecuador. El presente trabajo de Investigación tiene como objetivo establecer un índice biótico de la calidad de aguas basado en poblaciones de diatomeas epilíticas para determinar la calidad del agua de los ríos Andinos del Ecuador. Las diatomeas serán los microorganismos bioindicadores debido a que son organismos abundantes en los sistemas acuáticos y excelentes sensores naturales de calidad ambiental. Además, al encontrarse adheridos a un sustrato fijo, tales como piedras o vegetales, suponen un punto fijo de monitoreo durante todas las estaciones del año. Esta técnica requiere de la clasificación e identificación de la composición de las poblaciones de diatomeas y su relación con otros factores bióticos y abióticos de calidad de aguas ya establecidos y universalmente utilizados. La investigación se centró en el río Ambi ubicado al norte del Ecuador en la provincia andina de Imbabura, ya que este río cuenta con distintos niveles de eutrofización.

Palabras Clave: Índice biótico, calidad de agua, diatomeas, organismos bioindicadores.

ABSTRACT

The contamination of water resources generates a negative impact for human health and for the environment; it also causes huge issues in the economical and social development of the country. Therefore, an information system that indicates the quality of the water is required to diagnose possible industrial spills or sewage at the time of its execution and thus efficiently manage the water resources of Ecuador. The following research aims to establish a biotic index of water quality based on epilithic diatoms populations to determine the water quality of Andean rivers of Ecuador. Diatoms will be the bioindicators due to that they are abundant organisms in natural aquatic systems and excellent environmental quality sensors. In addition, when being attached to a fixed substrate such as stones or vegetable, are main points of monitoring during all the seasons of the year. This technique requires the classification and identification of the composition of the populations of diatoms and their association to other biotic and abiotic factors already established and universally used. The research focused on the Ambi River located at the north of Ecuador in the Andean province of Imbabura, since this river has different levels of eutrophication.

Key Words: Biotic index, Water quality, epilithic Diatoms, Bioindicators.

Título: “ESTABLECIMIENTO DE UN NUEVO ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS BASADO EN LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS Y EPIFÍTAS EN LOS ANDES ECUATORIANOS”

Autores: Katherine Jhoanna Rosero Córdova. Cédula 1722377635
kathyrousse@hotmail.com Facultad de Ciencias Ambientales, Ingeniería en Biotecnología.

Director: PhD. Pablo Castillejo Pons.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación representa una contribución en el establecimiento de nuevas bases para determinar la calidad de los recursos hídricos del Ecuador basado en el análisis y la identificación de poblaciones de diatomeas epilíticas debido a que son considerados como excelentes bioindicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos (Lobo *et al* 2014).

La contaminación de los sistemas fluviales representa un gran problema a nivel mundial, ya que altera negativamente las condiciones del agua de los mares, ríos, lagunas, generando un impacto negativo en la salud humana y en el ambiente. Por lo tanto, es necesario desarrollar herramientas eficaces para el seguimiento de los ríos (Rosa *et al.* 2000).

Actualmente para evaluar la calidad del agua se mide algunos parámetros asociados con los procesos de tratamiento de aguas y que sirven para determinar las características físicas, químicas y biológicas de las mismas (Coral, 2013).

Los parámetros de calidad más frecuentemente utilizados y al mismo tiempo más relevantes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto, Carbono Orgánico Disuelto (COD), medición de compuestos del nitrógeno, fósforo, azufre, cloro, medición de pH y coliformes totales (UFC, col/ml) (MOPT, 1992).

Sin embargo a principios de los años 60, ante la necesidad de encontrar un método uniforme y consistente para dar a conocer la calidad del agua a la población de una manera accesible, se desarrollaron los índices de calidad, que son sistemas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis de varios parámetros. Estas herramientas son

eficaces para el monitoreo ambiental, además que permiten resumir y simplificar datos complejos para una fácil interpretación de resultados (Reolón, 2010).

Reolón (2010) establece que entre los índices más utilizados a nivel mundial para estimar la calidad de agua son el índice ICA de la fundación de sanidad de los Estados Unidos propuesto en 1970, el ICA de Dinus (1987) y el índice simplificado de la calidad del agua (ISQA) establecido en España en el año de 1982 y principalmente utilizado en Europa.

Algunos de los índices de calidad recientemente utilizados incluyen dentro de su estructura a organismos acuáticos indicadores como microalgas, invertebrados, peces, etc. Estos índices biológicos son muy utilizados en la mayoría de países en desarrollo debido a que los seres vivos poseen mayor sensibilidad y rapidez ante distintos contaminantes en comparación con los métodos tradicionales (Matcalfe, 1989).

Las diatomeas son algas unicelulares muy abundantes en todos los ecosistemas acuáticos y ampliamente utilizados como bioindicadores de las condiciones ambientales, particularmente en los ríos y arroyos debido a que el grado de tolerancia a la contaminación de las diatomeas permite determinar los niveles de polución orgánica del agua en los ríos (Wetzel, 2006).

Las aplicaciones de estos microorganismos unicelulares como bioindicadores van desde el control rutinario de la calidad del agua hasta la evaluación de impacto de la contaminación, debido a que estos organismos son muy perceptivos a las

condiciones ambientales además de que crecen en cortos períodos de tiempo, respondiendo así rápidamente a los cambios químicos, físicos o factores biológicos. Por lo tanto, el análisis de la composición de sus comunidades proporciona un método sencillo para detectar cambios en el entorno debido a causas naturales o antropogénicas (Urrea *et al* 2009).

Algunas especies de este grupo como las diatomeas epilíticas se encuentran adheridas a sustratos fijos presentes en los ríos como piedras o vegetales, suponiendo un punto fijo de

monitoreo durante todas las estaciones del año. Además son microorganismos muy sensibles a factores ambientales, como la contaminación, mientras que otros son muy tolerantes lo que permite inferir o asociar niveles de contaminación con estos organismos (Round, 1993). Por esta razón en el presente estudio serán utilizados como indicadores de la calidad de agua para establecer un índice biótico en el cual se deberá clasificar e identificar claramente las características morfológicas de cada especie (Wetzel, 2006).

ANTECEDENTES

El agua constituye un recurso natural de gran importancia, en diversos aspectos como económico, cultural y científico. Actualmente estos ecosistemas están experimentando cambios en sus características afectando la biodiversidad y la calidad del agua por diversas actividades humanas (Lobo, 2014).

El agua conforma las tres cuartas partes de la superficie del planeta. Se considera a este recurso como prácticamente inagotable por que se encuentra accesible para todos los requerimientos de la humanidad, no obstante de toda esa cantidad solamente una pequeña parte puede sea aprovechada de manera directa, tomando en cuenta que el 96 % es agua salada, localizada principalmente en los océanos y mares; el 3% restante es dulce, y solamente el 1% se encuentra en estado líquido tales como lagos, ríos, lo que le hace fácilmente accesible al ser humano. Sin embargo esta cantidad de agua dulce está siendo deteriorada en su calidad, lo que dificulta la obtención del mismo para el mantenimiento del ser humano en general y para el soporte de las actividades agrícolas y técnicas (Coral, 2013).

Ante este análisis debemos considerar si el agua es abundante e inagotable, ya que para el consumo humano solo se cuenta con una pequeña parte de todo el recurso hídrico existente en nuestro planeta.

La calidad del puede verse afectada y modificada por las actividades antropogénicas desarrolladas cerca de los sistemas fluviales como, ríos, lagos, entre otros, provocan un impacto negativo en la salud humana y en los ecosistemas. La contaminación de los recursos hídricos del Ecuador como el vertido de sustancias químicas, orgánicas e industriales ocasionan cambios en las características físicas, químicas y biológicas del agua alterando el equilibrio ambiental (SENAGUA, 2012).

La importancia de contar con información de la calidad de agua ha llevado a realizar numerosos estudios en búsqueda de los índices que permitan una interpretación confiable del estado actual de los ecosistemas fluviales. A su vez se utilizan organismos indicadores para

generar índices bióticos debido a que son considerados como excelentes sensores ambientales principalmente algas marinas como las diatomeas bentónicas y epilíticas (García 2012).

Durante el siglo XIX la microscopia era considerado como un pasatiempo para algunos científicos, encontraron un aspecto estético muy agradable a las diatomeas considerándolos como objetos de interesante observación (Wetzel, 2006).

La base de la taxonomía moderna se creó durante este período y muchos nombres propuestos por los autores tales como G. Ehrenberg y T. Kützing son ahora muy utilizados en la taxonomía moderna de diatomeas (Marsson 1908). La morfología de las diatomeas se basa en su estructura compuesta por sílice la cual confiere una gran resistencia frente a factores ambientales extremos, esta estructura permanece intacta incluso después de la muerte del organismo (Barber *et al.*, 1981).

Se estima que el número de especies existentes de diatomeas es de 200.000 y solo 15.000 especies han sido descritas, actualmente se conoce 350 géneros de los cuales 155 han sido extintos y solo se conoce su registro fósil (Mann *et al.*, 1999).

Las diatomeas son un grupo grande y diverso de algas unicelulares, que se distribuyen en todo el mundo en la mayoría de los sistemas acuáticos. Su importancia radica en la capacidad que poseen para registrar rápidamente los cambios en las características fisicoquímicas del agua (Lobo, 2014).

Son organismos muy sensibles a los cambios ambientales, y su composición y distribución puede estar influenciada por un número de factores hidrológicos, climáticos, fisicoquímicos y biológicos (Urrea *et al* 2009). Todas estas características hacen que estos organismos sean adecuados sensores naturales de la calidad ambiental de sistemas fluviales (Wetzel *et al*, 2006).

Los primeros estudios para evaluación de la calidad de aguas dulces utilizando diatomeas iniciaron en 1909 realizado por Kolkwitz y Marsson, a través de la introducción del sistema de saprobios el cual se basa en el reconocimiento y la clasificación de organismos indicadores de la contaminación orgánica (Lobo, 2007).

Según Sladeczek (1973) un sistema de saprofitos define como un sistema de organismos animales, plantas, algas, bacterias) que indican por su presencia, diferentes niveles de calidad de agua.

Estos estudios se han desarrollado principalmente para medir la contaminación orgánica del agua, los cuales se basan en estudios cuantitativos (abundancia de especies en cauces limpios hasta puntos de cauces muy contaminados) (Wetzel *et al*, 2006). Esta clasificación es esencial para establecer índices de contaminación de las masas de agua, (Lobo *et al* 2004).

El índice biótico empleando diatomeas epilíticas más conocido y usado con frecuencia en Japón es el índice de Descy establecido en 1987, el cual ha sido desarrollado para el control de contaminación orgánica en los ríos japoneses (Watanabe *et al* 1998).

De manera similar se originan nuevos índices bióticos como el modelo Ziemann (1971,1991), el índice genérico de diatomeas descrita en 1988 (Rumeau e Coste 1988), el Índice Especifico de la sensibilidad para polución orgánica (SPI, Cemagref, 1982), índice de polución de diatomeas para eutrofización en Italia (EPI, Delluomo, 1996), índice saprobico

Rott en Australia (Rott *et al.*, 1997) y el índice trófico de Schiefele e Kohmann propuesta en Alemania (Schiefele e Kohmann, 1993) (Lobo *et al.*, 2014).

Todos estos sistemas utilizando diatomeas fueron satisfactorios para la evaluación de aguas y que actualmente siguen siendo utilizados para el biomonitoreo ambiental de los ríos. En la actualidad, las leyes establecidas en países desarrollados respecto a la calidad de agua establecen el uso de bioindicadores biológicos como microalgas, macroinvertebrados, etc. para evaluar la calidad de agua de ríos (Soler, *et al.* 2012). En cuanto al Ecuador no existen estudios relacionados a diatomeas como sensores medioambientales, a pesar de considerar a estos organismos como excelentes bioindicadores ambientales.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

El agua es un recurso natural de mayor importancia económica y social en el Ecuador, debido a que de este recurso depende el desarrollo de las actividades de la población; no obstante, estas actividades causan alteración y deterioro de la misma (Torres *et al.*, 2009).

En el Ecuador el agua es fuente de producción y energía, por esta razón es necesario conocer sus características y sus particularidades para concientizar a la población y mejorar el desarrollo sostenible del agua, gestionar los recursos hídricos es una actividad prioritaria que debe realizarse a nivel de todo el país, para desarrollar estrategias de protección del agua (Barriga, 1991).

El presente estudio pionero contribuirá a establecer un índice biótico basado en diatomeas epilíticas para determinar la calidad de los ríos Andinos del Ecuador, con el fin de identificar el grado de contaminación orgánica en la que se encuentra un determinado río. También servirá de fuente de datos relacionados con las diatomeas del Ecuador.

Este estudio representa el primer trabajo en Ecuador que propone el uso de diatomeas epilíticas como indicadores biológicos de la calidad de agua de los ríos andinos. Se han realizado con anterioridad estudios relacionados con diatomeas como la investigación realizada por Torres *et al* propuesto en 1996 basada en la distribución de la densidad fitoplanctónica en una estación costera del Ecuador para determinar mensualmente la biomasa de fitoplancton en relación con la corriente del niño. Otro estudio similar asociado a fitoplancton para determinar corrientes marinas es el trabajo realizado por María Elena Tapia en el 2002 titulado estudio de la comunidad fitoplanctónica en el Estuario Interior de Esmeraldas también está asociado con estos organismos en cuanto a la abundancia y distribución de especies. Ninguno de estos trabajos contempla el uso específico de diatomeas epilíticas como bioindicadores de calidad de aguas de sistemas dulceacuícolas.

Este índice biótico es un método muy económico y apropiado para determinar la calidad de agua de los ríos Andinos debido a su alta capacidad para registrar rápidamente cambios en la composición fisicoquímica.

1.1. Objetivo

1.4.1. Objetivos Generales:

- Establecer un índice biótico para determinar la calidad del agua de los ríos andinos del Ecuador, basado en poblaciones de diatomeas epilíticas.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Conocer las especies de diatomeas epilíticas presentes en los ríos andinos del Ecuador
- Identificar patrones de distribución macro espacial de diatomeas a partir de la caracterización de poblaciones de especies.

METODOLOGIA

Los puntos de muestreo en el río Ambi se tomaron desde la desembocadura del río Ambi hasta el nacimiento del río. El primer punto del cauce alto o nacimiento del río donde se recolectó las muestras fue aproximadamente a 1000 metros del cerro Imbabura en el cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura sus coordenadas geográficas fueron las siguientes 0°24'25.4"N 78°17'21.1"W.

El segundo punto del cauce medio del río donde se tomaron las muestras fue en el cantón Urcuqui de provincia de Imbabura sus coordenadas geográficas fueron las siguientes 0°22'38.2"N 78°11'39.4"W.

El tercer punto del cauce bajo o desembocadura del río donde se tomaron las muestras se tomó a 100 metros antes del río Chota (afluente donde desemboca el río Ambi) sus coordenadas geográficas fueron las siguientes 0°24'05.2"N 78°08'03.2"W.

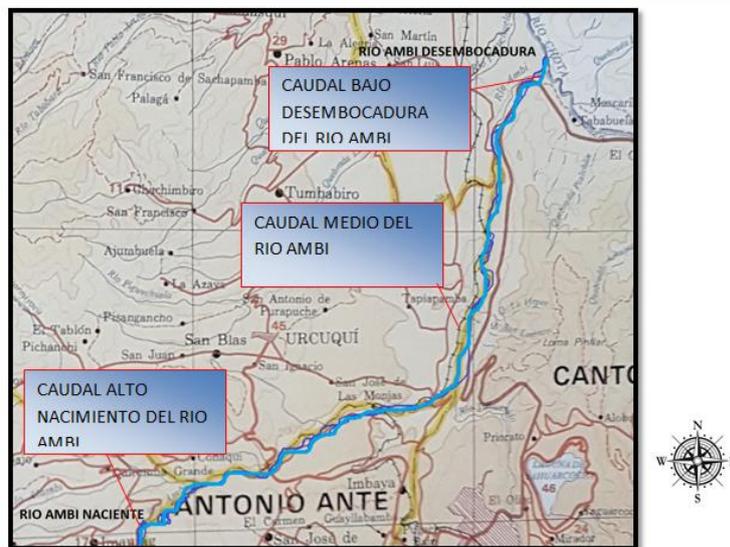
Las muestras del material fitoplanctónico fueron recolectadas de cada punto descrito anteriormente desde el 16 de Octubre del 2015 hasta el 26 de Marzo del 2016 con una frecuencia de muestreo de dos meses, en períodos climáticos templado-secos con el fin de evitar condiciones hidrológicas extremas que puedan interferir con nuestra investigación.

Las muestras de diatomeas se tomaron de rocas completamente sumergidas en el agua, aproximadamente de 20 a 30 cm de diámetro. Las cuales fueron raspadas con ayuda de un

cepillo. La fijación y preservación de las muestras se hicieron inmediatamente con el fin de evitar contaminación (Lobo *et al.*, 2010).

Se midieron parámetros fisicoquímicos y biológicos como temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, Coliformes totales, Nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO_5) en el campo y en el laboratorio de las muestras de agua de cada punto para establecer una relación entre las diatomeas epilíticas presentes en cada tramo del río y los factores ambientales.

Imagen 1: Puntos de Muestreo del río Ambi



Fuente: Prefectura de Ibarra, 2016

MATERIALES Y MÉTODOS

Procesamiento de muestras

una vez que se recolecto el material de las rocas se toma 10 ml de la muestra y se colocó en un tubo de ensayo al cual se añadió agua destilada, seguido por la centrifugación del material, luego se desechó el sobrenadante y se añadió 6mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) con ayuda de una pipeta tocando la pared del tubo de ensayo, posteriormente se colocó la muestra a hervir por aproximadamente 60 minutos en un vaso de precipitación con pequeños fragmentos de porcelana para evitar el riesgo de quebrar los tubos por el burbujeo del agua. Se dejó enfriar.

A continuación se añadió 0,8 gramos de dicromato de potasio en cada tubo ($K_2Cr_2O_7$) y se calentó a 90 grados centígrados por aproximadamente 60 minutos. Esperamos 24 horas para continuar con el tratamiento, luego se centrifugo la muestra a 3000 rpm por dos minutos para retirar el dicromato potásico, se descarta el sobrenadante en un recipiente de desechos tóxicos, posteriormente se añade agua destilada a la muestra y se realizó esta operación hasta que la muestra este completamente transparente.

Se colocó la muestra en tubos más pequeños previamente etiquetados y se añadió 2 mL de ácido clorhídrico (HCL) para remover la materia orgánica, luego se colocó la muestra a hervir por aproximadamente 60 minutos. Se dejó enfriar. Posteriormente se descartó el sobrenadante en un recipiente de desechos tóxicos y se añadió agua destilada al sedimento para llevar nuevamente a centrifugación a 3000 rpm durante 2 minutos, se realizó esta la operación con el objetivo de retirar todo el HCL de las muestras (Lobo et al., 2010).

Fijación de muestras en placas permanentes.

para la fijación de la muestra se tomó un cubreobjetos (18 x 18mm) y se colocó en la plancha de calentamiento, se añadió unas gotas de la muestra de diatomeas con ayuda de una pipeta Pasteur, luego se añadió 2 a 3 gotas de agua destilada para homogenizar la muestra, también se añadió algunas gotas de etanol al 70 % para que toda la muestra este esparcida y no se formen acumulaciones de diatomeas (Round, 1993), posteriormente se esperó hasta el secado completo del cubreobjetos en la plancha de calentamiento a una temperatura aproximada de 80 c, evitando la ebullición de las muestras.

Después del secado el cubreobjetos se invirtió y se colocó en un portaobjetos que contiene una pequeña gota de Naphrax, que es un medio de montaje con un alto índice de refracción, el portaobjetos se colocó sobre la plancha de calentamiento hasta la evaporación completa del Naphrax, finalmente se etiqueto las placas. (Lobo et al., 2010).

Microscopía óptica (MO): Captura y procesamiento de imagen.

Para examinar las placas permanentes se utilizó el microscopio binocular Olympus equipado con una cámara digital, también se utilizó el software Applied Vision 4 (Ken-A-Vision digital)

Se registró las medidas de longitud y el número de especies de diatomeas.

Para el formato y edición de imágenes se utilizó el software Adobe Photoshop CS © (Adobe Systems Incorporated) tomadas las imágenes se tomaron con el lente (100x).

RESULTADOS

Este estudio representa uno de los escasos trabajos realizados empleando diatomeas como bioindicadores ambientales para determinar la calidad de aguas de los ríos del Ecuador. Aunque existe un estudio de “Caracterización química y biológica de sistemas hídricos en la provincia de Los Ríos”, realizado por Revelo *et al* (2012), éste relaciona varios organismos fitoplanctónicos en general, incluyendo diatomeas no epilíticas, con los factores abióticos tomados en los ríos como turbidez, oxígeno disuelto y sólidos en suspensión.

El uso de las diatomeas epilíticas permite conocer el estado actual de cada zona y de todo el río Ambi. Existen variaciones temporales y espaciales de las especies de diatomeas epilíticas que se relacionan con los parámetros fisicoquímicos y ambientales como son la presencia de materia orgánica, oxígeno disuelto, pH y temperatura.

Las especies dominantes en los cauces con altos índices de contaminación son *Luticola goeppertiana*, *Nitzschia amphibia* y *Nitzschia palea* considerándolos como altamente tolerantes a la contaminación orgánica identificadas en la zona baja del río Ambi. Estos datos corroboran los resultados obtenidos por Lobo *et al* (2010), quien afirma que *Nitzschia linearis*, *Navicula rostellata* y *Gomphonema parvulum* son especies clasificadas como altamente tolerantes a la eutrofización en su investigación científica: *Diatomeas Epilíticas como indicadores de la Calidad de Aguas de Ríos Subtropicales de Brasil*.

Las especies que se encontraron en todos los tramos del río Ambi desde la naciente hasta la desembocadura del río fueron *Luticola goeppertiana*, *Nitzschia palea*, *Gomphonema lagenula*, siendo clasificadas estas especies como cosmopolitas en este trabajo. Estos resultados coinciden con los trabajos realizados por KOBAYASI e MAYAMA, (1989); LANGE-BERTALOT (1979), quienes argumentan que *Luticola goeppertiana* y *Nitzschia palea* son especies cosmopolitas ampliamente reconocidos por su alta tolerancia a polución orgánica, frecuentemente encontradas en aguas ricas en nutrientes y bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Cabe destacar que otros autores como Krammer *et al.* (1988) afirman que *Nitzschia palea* representa un amplio intervalo de tolerancia a la contaminación orgánica.

Es posible relacionar parámetros ambientales con la distribución de diatomeas por lo que este trabajo de investigación puede ser utilizado para determinar la calidad de aguas de otros ríos presentes en la región andina del Ecuador.

CONCLUSIONES

- Las especies *Luticola goeppertiana*, *Gomphonema lagenula*, *Adlafia muscora*, *Mastogera patens*, *Nitzschia amphibia*, *Navicula symmetrica*, *Amphipleura lindheimeri* muestran una baja tolerancia a la eutrofización.
- Las especies *Adlafia Muscora*, *Amphipleura lindheimeri*, *Cocconeis lineata*, *Cyclotella meneghiana*, *Encyonema minutum*, *Gomphonema cf gracile* y *Navicula symmetrica* son bioindicadoras de buena calidad de aguas.
- Las especies *Diatomea curvada*, *Nitzschia amphibia*, *Frustulia. guayanensis spp. Ecuatoriana*, *Nitzschia incospicua*, son bioindicadoras de aguas levemente eutrofizadas.
- Las especies *Luticola Goeppertiana*, *Nitzschia incospicua*, *Nitzschia linearis* son bioindicadores de aguas altamente eutrofizadas.
- Las especies *Nitzschia linearis*, *Sellaphora auldreekie*, *Navicula rostellata* y *Gomphonema parvulum* son muy tolerantes a la eutrofización
- La especies *Nitzschia. Palea*, *Nitzschia incospicua* y *Luticola Goeppertiana* son especies cosmopolitas.
- El cauce limpio presenta una mayor abundancia de especies en relación con el medio y el bajo.
- En el río Ambi existen especies no abundantes que aún no han sido descritas en la bibliografía científica de diatomeas.
- El nacimiento del río Ambi la calidad de agua es buena, mientras que el cauce medio del río Ambi presentan una calidad de aguas moderada. El cauce bajo del río presenta altos niveles de eutrofización debido a la actividad antropogénica.

- Los valores tróficos asignados de la mayoría de las diatomeas epilíticas catalogadas como abundantes recolectadas en este proyecto de investigación coinciden con los valores asignados a estas mismas especies en otros trabajos descritos en la literatura.
- La metodología utilizada e implementada es válida para la observación de diatomeas epilíticas de los ríos andinos.

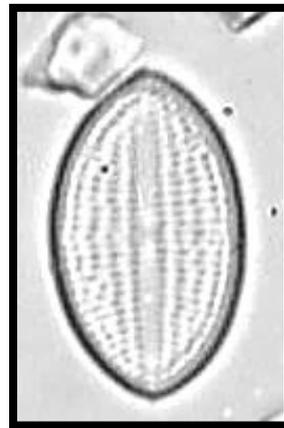
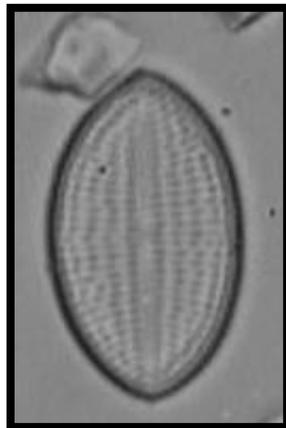
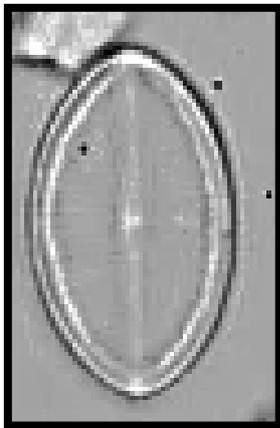
ANEXOS

Especies Descritas en el río Ambi del Ecuador:

Fotos tomadas con microscopio optico Olympus por Katherine Rosero, 2016.

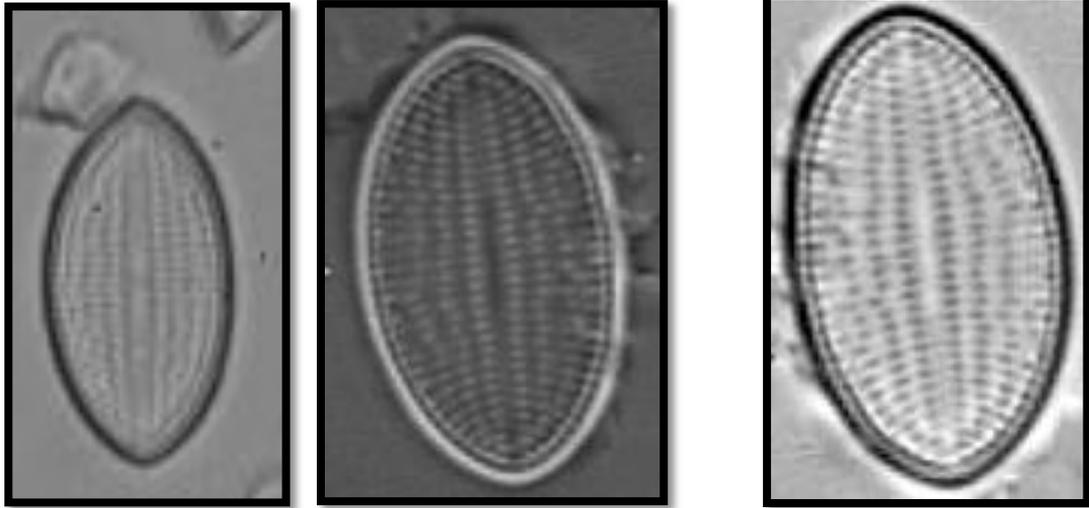
Río Mira cauce alto:

Cocconeis lineata

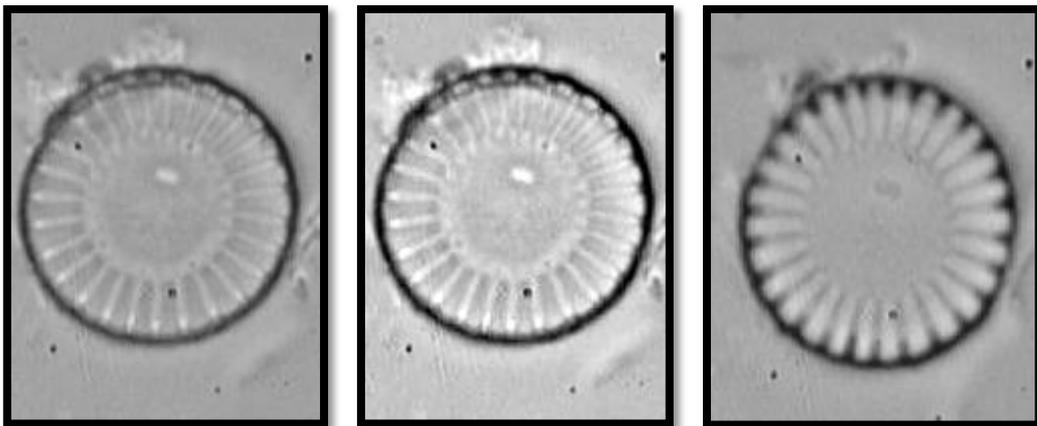


a: 10 um

l: 45 um

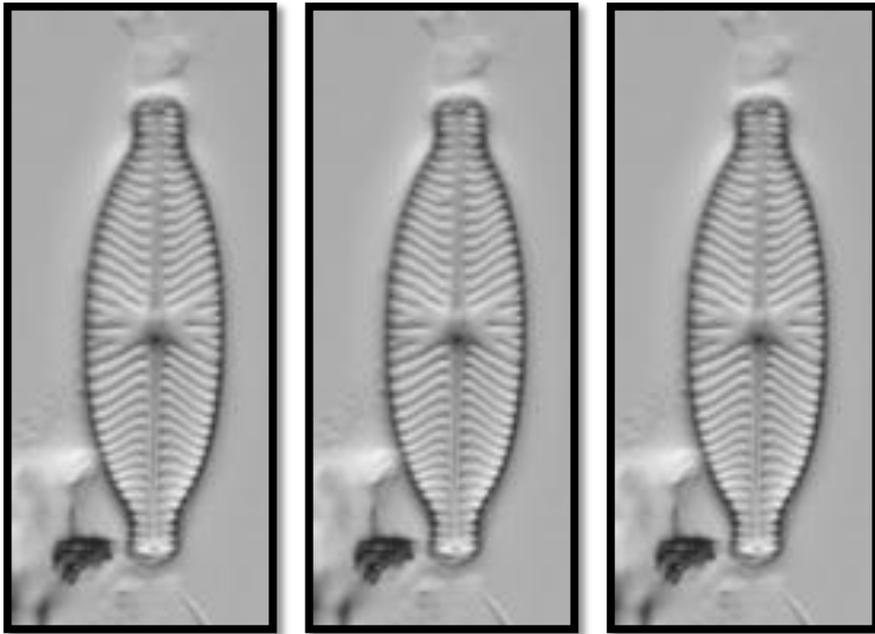


Cyclotella meneghiniana



┆
┆ *l: 25 um a:10 um*

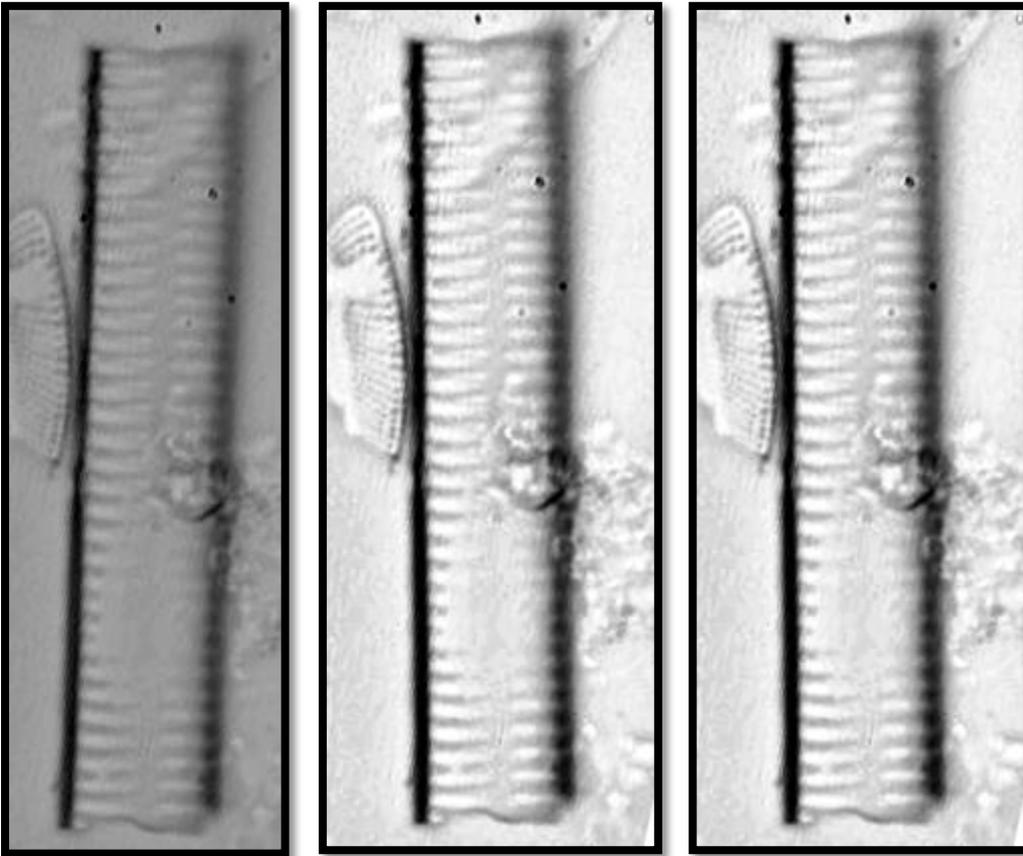
Geissleria decussis



└ 1:10 um a:7

um

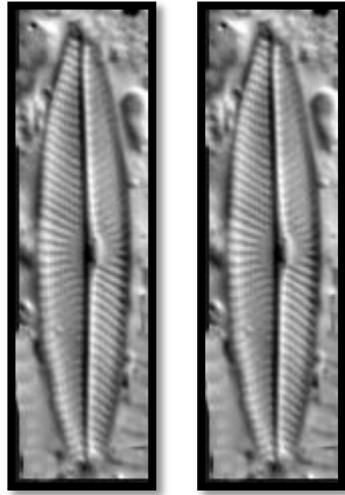
Hantzschia bacillariophyta



└ 1:

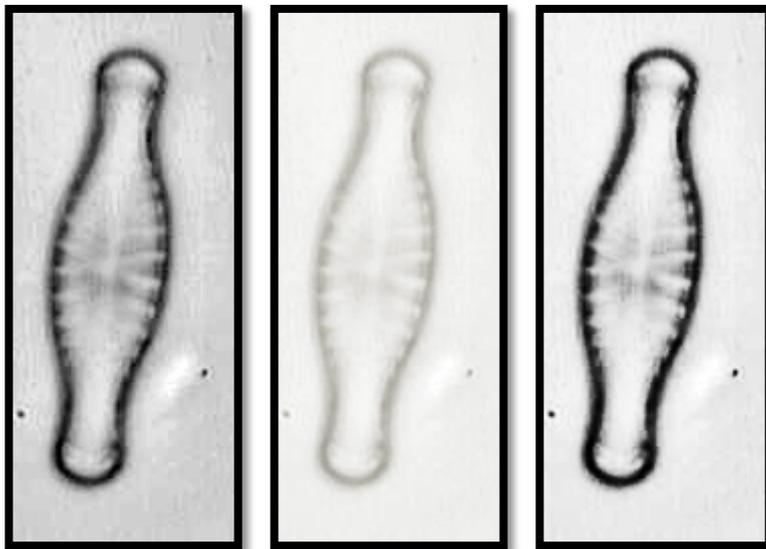
100 um a:15 um

Navicula symmetrica



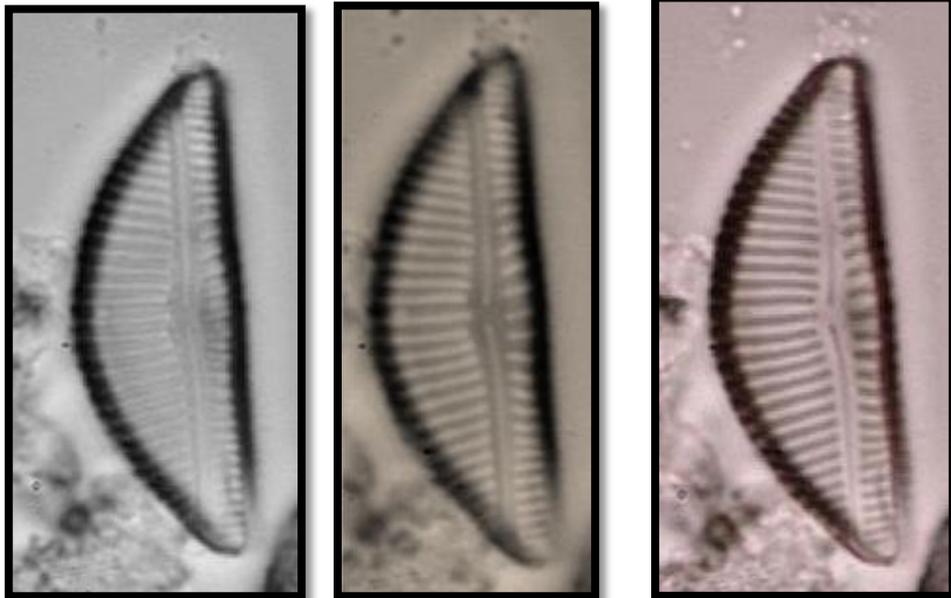
┌
l: 30 um a: 5 um

Especie no identificada.



┌
10 um

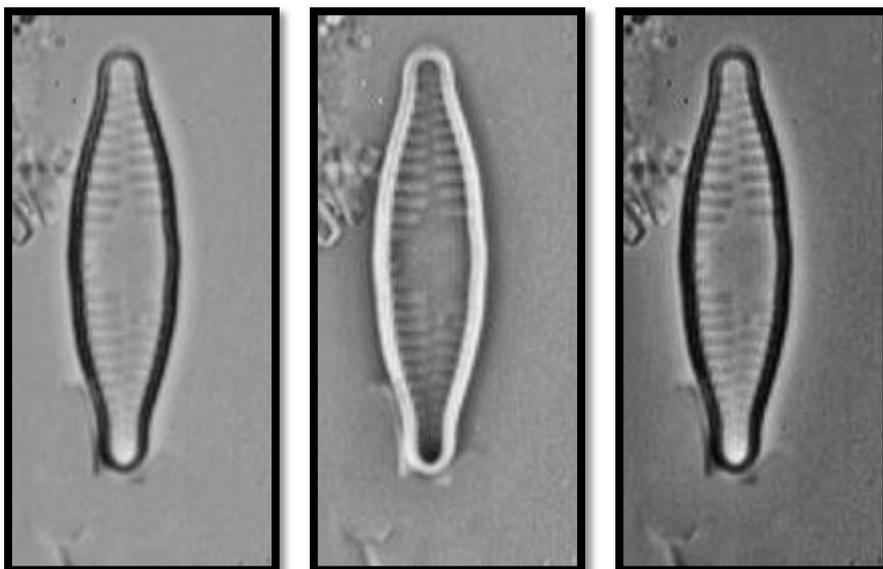
Encyonema minutum



a: 6,5 um

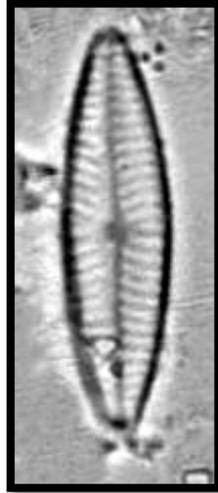
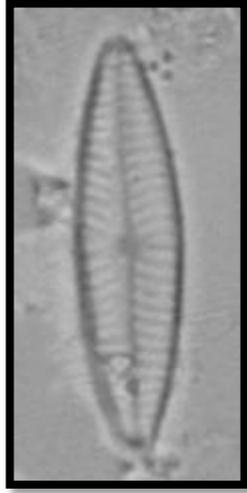
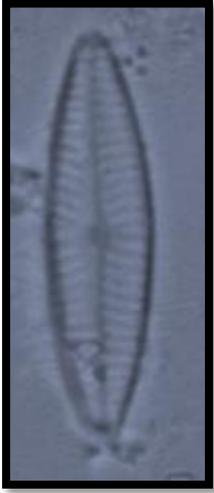
l: 27 um

Navicula gregaria



10 um 4um

Navicula cryptotenella



T 15 um 3um