

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES  
HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO  
DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES  
HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO  
DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

Realizado por:

**NICOLE CAROLINA SÁNCHEZ ABARCA**

Director del proyecto:

**Susana Chamorro , Ph.D (c)**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGIA**

Quito, 13 de febrero del 2020

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA  
RESERVA BIOLOGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO  
BIOINDICADORES ”**

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA  
RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO  
BIOINDICADORES ”**

**DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**““ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE  
LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO BIOINDICADORES ”**

Realizado por:

**NICOLE CAROLINA SÁNCHEZ ABARCA**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA**

ha sido dirigido por la profesora

**SUSANA CHAMORRO**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



FIRMA

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA  
RESERVA BIOLOGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO  
BIOINDICADORES ”**

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**JUAN CARLOS NAVARRO**

**JOSÉ SALAZAR**

Después de revisar el trabajo presentado,  
lo han calificado como apto para su defensa oral ante  
el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

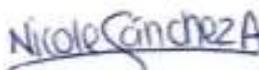
v

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA  
RESERVA BIOLOGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO  
BIOINDICADORES ”**

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo, NICOLE CAROLINA SÁNCHEZ ABARCA, con cédula de identidad # 1721401816, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o 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

1721401816

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA  
RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO  
BIOINDICADORES ”**

Quito, 13 de febrero del 2020

El presente Trabajo de Fin de Carrera ha sido realizado dentro del Programa de Investigación de la Universidad Internacional SEK denominado:

**Biodiversidad y Recursos Naturales  
Calidad y Gestión Ambiental**

Perteneciente a la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA  
RESERVA BIOLOGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO  
BIOINDICADORES ”**

**DEDICATORIA**

Dedicado a mi familia por ser estar presentes en todo es trayecto de mi vida y por ayudarme a  
culminar una meta más en mi vida.

# **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLOGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi papa Gino y mi mama Sole por apoyarme a cumplir esta meta, por apoyarme infinitamente en esta etapa de mi vida y siempre estar ahí para darme ganas de salir adelante.

A mis hermanas Karol y Michelle, mis compañeras de vida que me han acompañado en cada paso de esta etapa, han estado pendientes de mi en todo momento, gracias por mis acompañantes

A mis sobrinos Felipe, Nicolas y Lía, que son la alegría más grande que tengo, por darme motivos de siempre querer ser más para poder demostrarles que todo se puede.

A mis mejores amigas de la toda la vida Giani y Dome, gracias por la paciencia y el cariño infinito fueron una parte importante sobre todo en este último tiempo.

A mis amigos que me dio la universidad Majo, Víctor, Jorge, David y Ale, por ser mis compañeros de todos los días y la paciencia.

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

Para someter a:

To be submitted:

Nicole Sánchez <sup>1</sup>, Susana Chamorro, Juan

Carlos Navarro<sup>1\*</sup>

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIAOMEAS  
COMO BIOINICADORES ”**

<sup>1</sup> Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito,

Ecuador. 13/02/2020

\*AUTOR DE CORRESPONTENCIA: Ph.D. Juan Carlos Navarro,

Universidad Internacional SEK,

Facultad de Ciencias Ambientales y Naturales, Quito, Ecuador.

Teléfono: 0995479569; email: [juancarlos.navarro@uisek.edu.ec](mailto:juancarlos.navarro@uisek.edu.ec)

# **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

## Resumen

La reserva biológica de Limoncocha es un área protegida que se encuentra en la provincia de Sucumbíos, la cual se encuentra a 303 m.s.n.m y una temperatura ambiental de 28°C, se encuentra rodeado de 5 ríos importantes: Jivino (P1), Napo (P2), Playayacu (P3), Pishira (P4) y Blanco (P5). El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la calidad del agua de los ríos. En esta se establecieron 3 zonas: sucia compuesta por P1 y P2, media por P3 y P5 y limpia por P4.

Esta zona se encuentra rodeada por actividades antropogénicas que ponen en el riesgo el estado de sus recursos, lo cual no pone en contraposición los objetivos que tienen las zonas protegidas. Por lo cual se evaluaron parámetros bióticos (diatomeas) y abióticos (parámetros fisicoquímicos) , para un estudio completo.

Los parámetros fisicoquímicos se evaluaron con el programa IQA-Data y con la normativa nacional vigente (TULSMA), obteniendo como resultado que todos los ríos se encontraban dentro de una clasificación “Regular” y en cuanto a factores bióticos todos lo ríos se encuentran en un estado “ $\alpha$ -mesotrófico”. A la par de estos análisis se realizó un clúster de ausencia y presencia en el que obtuvimos 3 grupos principales.

Se realizó la identificación de diatomeas encontrándose un total de 180 especies en todos los puntos, de las cuales 47 son generalistas y 45 son especialistas. El índice de Shannon-Wiener presenta que la diversidad está en rangos normales, pero con baja equitatividad.

Palabras clave; ríos, diatomeas epilíticas, calidad de agua, índice trófico

# **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

## Abstract

The Limoncocha biological reserve is a protected area that is located in the province of Sucumbíos, which is 303 meters above sea level and an ambient temperature of 28 ° C, is surrounded by 5 important rivers: Jivino (P1), Napo (P2 ), Playayacu (P3), Pishira (P4) and Blanco (P5). The main objective of this study was to evaluate the water quality of the rivers. In this, 3 zones were established: dirty consisting of P1 and P2, average for P3 and P5 and clean for P4.

This area is surrounded by anthropogenic activities that put the state of its resources at risk, which does not contradict the objectives of protected areas. Therefore, biotic (diatom) and abiotic (physicochemical parameters) parameters were evaluated for a complete study.

The physicochemical parameters were evaluated with the IQA-Data program and with the current national regulations (TULSMA), obtaining as a result that all the rivers were within a “Regular” classification and as for biotic factors all the rivers are in a “ $\alpha$ -mesotrophic” state. Along with these analyzes, an absence and presence cluster was performed in which we obtained 3 main groups.

Diatoms were identified by finding a total of 180 species at all points, of which 47 are generalists and 45 are specialists. The Shannon-Wiener index shows that diversity is in normal ranges, but with low equity.

Keywords: rivers, epilithic diatoms, water quality, trophic index

# **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Las actividades humanas y los factores naturales están provocando que los recursos del planeta se vean amenazados, provocando así, un cambio en su estado natural (Aliseda, 2016). El agua es uno de los recursos más importantes para la supervivencia de la vida, esta cubre el 70% de la superficie de la tierra, por lo que se considera el más abundante. Su uso ha ido aumentando, como resultado de las necesidades de la humanidad, el crecimiento poblacional, y la urbanización. La contaminación indiscriminada y la competencia por su usufructo, se ven potenciadas por problemas como el cambio climático, es por esta razón que la manutención de este recurso se ha vuelto una necesidad a través de mejorar la gestión y su protección, para asegurar y mantener su calidad (FAO, 2009).

Como medio de preservación, conservación y evaluación de los recursos, las entidades del estado han ido creando regulaciones, con el fin de que su uso y gestión sea el adecuado. Las normativas toman en cuenta el estado de agua y los evalúa en base a límites permisibles; su objetivo es establecer la calidad del agua, basados en el estudio de su naturaleza química, física y biológica (Samboni Ruiz, Eugenia, Escobar, & Carlos, 2007). Este estado se determina, usando índices de calidad de agua (ICA), que nos permiten identificar el estado de un cuerpo hídrico en un tiempo determinado. Mediante este se logra reflejar una visión sobre el nivel de contaminación y la vulnerabilidad al que este recurso está expuesto frente a posibles amenazas (Caho-Rodríguez & López-Barrera, 2017).

En la actualidad, la mayoría de las evaluaciones sobre calidad de agua incluye principalmente el análisis de parámetros fisicoquímicos mediante una ecuación

## **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

matemática, los cuales aportan información sobre las propiedades físicas y químicas del agua, los métodos con parámetros físicos y químicos permiten un conocimiento instantáneo del estado del agua, por lo tanto, limitan, las condiciones en el momento en que son hechas las mediciones. El desarrollo de este tipo de análisis puede ser costoso y en ciertos casos difíciles de realizar, debido a sus procedimientos y el tiempo que toma. Además, los estudios netamente fisicoquímicos no aportan información sobre el estado biótico, que se refiere a la vida acuática que se desarrolla en este medio (Samboni Ruiz, Eugenia, Escobar, & Carlos, 2007). Por estas razones, El conjunto de análisis físico-químicos y biológicos constituirán una base para una correcta evaluación de la calidad de agua.

Para detectar contaminación o cambios en un ambiente (estado biótico), se pueden usar bioindicadores que son especies, comunidades o procesos biológicos que indican la calidad y los cambios que ha sufrido un ambiente acuático (Holt & Miller, 2010). La implementación de bioindicadores para estudios ecológicos cada vez va tomando más, por ejemplo, dentro de las regulaciones del Marco de la directiva del agua de la Unión Europea, se han desarrollado métodos estandarizados dentro de las regulaciones como en el Marco de la Directiva del Agua de la Unión Europea. Allí, están desarrollando métodos estandarizados que tienen como finalidad evaluar el estado ecológico del agua, mediante el uso de bioindicadores, Uno de los microorganismo que cumplen dicha función son las diatomeas (Blanco et al., 2013).

Estos microorganismos considerados bioindicadores, deben tener ciertas características las cuales le permiten brindar información importante del ambiente de los cambios que ha sufrido. Una de ellas, es su habilidad como indicador, ya que provee una respuesta

## **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

medible frente a los cambios que ocurren en su ambiente; esta se ve reflejada en su población o comunidad (Heinrich, Leal, Düpont, & Lobo, 2014). También deben ser sensibles a los cambios que se dan por la contaminación o degradación del ambiente en el que se están desarrollando (Roldán-Pérez, 2016). Otro factor determinante es su abundancia, ya que la toma de muestras no afecta en su población, y deben ser estudiadas y caracterizadas adecuadamente para definir que indica cada una de ellas (Holt & Miller, 2010).

Las diatomeas epilíticas son los organismos bioindicadores más estudiados en ecosistemas de agua dulce, considerados el grupo más numeroso de algas excediendo las 200.000 especies incluyendo registros fósiles. Estos son microorganismos unicelulares, en algunos casos son filamentosos, tienen una estructura de sílice que les permite ser fácilmente reconocibles después de tratamientos (Heinrich et al., 2014).

Estos microorganismos se encuentran en la naturaleza de forma plantónica, que se encuentran libres en la columna de agua, o de forma bentónica, que se viven en las superficies acuáticas. Estos se subdividen diatomeas epilíticas (las cuales se encuentran adheridas a sustratos como piedras), epipéllicas (encontradas en sedimentos de cuerpos hídricos lénticos), epifíticas (se encuentran adheridas a plantas) y episámicas (se encuentran adheridas a arena de mar) (Okolodkov & Alicia Huerta-Quintanilla, 2018).

Las diatomeas son importantes ya que al ser una especie fotosintética produce el 50% del oxígeno que consumimos, por lo mismo sabemos que son productores primarios. También presentan ciertas ventajas ya que pueden ser fácilmente colectadas en grandes cantidades en superficies pequeñas y con rapidez. A nivel de laboratorio una vez tratado

## **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

el material puede ser reexaminado y distribuidos, las placas que se preparan para la identificación son permanentes.

Las respuestas que ellas presentan entre especies es lo que permite la determinación de impacto de la contaminación que ha sufrido el ambiente (Negro & De Hoyos, 2005). Sus respuestas suelen ser de forma rápida a cualquier tipo de perturbación del ambiente y/o en los cambios químicos del agua. Esto provoca un cambio en la diversidad de especies que se pueden encontrar en ese lugar (Schuch, Oliveira, & Lobo, 2015).

En el Ecuador en las últimas décadas, la calidad y la sostenibilidad se han vuelto eje importante, sobre todo en zonas protegidas. Este procedimiento se lo realiza en base al TULSMA (Texto Unificado de Legislación de Medio Ambiente), en el libro IV anexo 1, que es Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua. Esta toma en cuenta en su mayoría parámetros fisicoquímicos y únicamente el conteo de coliformes como dato biológico, por lo que podría considerarse una evaluación incompleta a comparación de otros modelos.

Muchos de los estudios realizados hasta hace un tiempo referentes a diatomeas ha tenido un enfoque de estudio referente a la flora, y la taxonomía en estos espacio como (De Oliviera & Steinitz, 1992) y (Benito et al., 2018), sin embargo en años recientes, la investigación sobre diatomeas en el Ecuador ha crecido y se ha centrado en la región sierra del país, debido a la información que pueden aportar y el objetivo de ellos ha sido más amplio ya que se han aprovechado las aplicaciones de estos microorganismos como (Castillejo et al., 2018), (Steinitz-Kannan, 1997) y (Casallas G & Gunkel, 2001).

Dentro de nuestra zona de investigación se ha realizado un estudio en la reserva faunística del Cuyabeno, donde se encontraron 140 taxones, siendo los géneros más abundantes

## **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLOGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

*Eunotia* y *Pinnularia* (De Oliviera & Steinitz, 1992). Esta área protegida se encuentra muy cerca del área de estudio por lo que esperaríamos encontrar dichos géneros.

La RBL (Reserva Biológica de Limoncocha) se encuentra dentro de la región la cual se caracteriza por estar dentro de la selva amazónica con un ambiente cálido y fauna diversa, sobre todo por sus recursos naturales (Catalina & Kastner, 2012), en la cual se desarrollan actividades que pueden afectar la calidad de los componentes abióticos del ecosistema. A esta superficie se le considera un ecosistema muy importante por lo que es considerado un sitio RAMSAR lo cual promueve la conservación y el uso racional de los recursos (Franceschi & Boccanelli, 2016), esto implica que sus actividades deben ser manejadas con un enfoque sustentable y sostenible, con el objetivo en común de preservar los recursos que se encuentran en ella.

Su ubicación se encuentra en un sector productivo donde predomina las actividades petroleras, entre otras de origen antropogénico, y pueden representar un riesgo para los recursos hídricos que se encuentran dentro de esta zona protegida, causando una variación en la calidad de sus ríos. Uno de estas es a los ríos que se encuentran de ellas ya que se pueden afectar los nichos ecológicos de los animales presentes. Las cabeceras de los ríos se encuentran en zonas que están fuera de la reserva y pueden ser intervenidas o encontrarse cerca de potenciales fuentes de contaminación (MAE, 2011).

Uno de los problemas que se pueden esperar o que se encuentran en estas fuentes hídricas debido a su manejo es que estén en estado eutrofizado que es problema que sufre un cuerpo de agua a causa del aumento de nutrientes en su mayoría por nitrógeno y fósforo. Su origen proviene de influencia antrópica sobre todo por la agricultura, el uso de fertilizantes o por descargas de aguas residuales industriales (Alves Da Costa, Paulo De

## **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLOGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

Souza, Teixeira, Nabout, & Carneiro, 2018). Un estado oligotrófico sería completamente todo lo contrario que presentaría una baja productividad y concentraciones bajas de nutrientes, este estado se esperaría en zonas de baja intervención, lo cual sería un estado ideal tomando en cuenta la zona de estudio. Cuando un cuerpo se encuentra en un estado mesotrófico se encuentra en un estado intermedio entre ambos estados (Parparov, Gal, Hamilton, Kasprzak, & Ostapenia, 2010).

El Ecuador se considera un país multidiverso, mantener sus recursos y sus especies es de suma importancia sobre todo en un área protegida como la RBL, en la cual todas sus actividades deben tener un objetivo común el cual es la preservación de los recursos. Evaluar la calidad en cual sus fuentes hídricas se encuentran comprende dos beneficios, el primero es que se podrá saber el impacto que ha tenido el desarrollo de actividades antropogénicas alrededor de ellas, y lo segundo es que dicha evaluación aportará a la línea base de especies del Ecuador. Además de contribuir al diseño del Índice biótico nacional propuesto por la UISEK, el cual servirá para integrar los parámetros fisicoquímicos y biológicos basándose en las características geomorfológicas de los sistemas acuáticos del Ecuador. Además del conocimiento taxonómico y ecológico de las especies de diatomeas presentes en la reserva Limoncocha.

En la presente investigación se propone como hipótesis: la calidad del agua dentro de la RBL puede variar según su ubicación, por lo que el río Pishira Alto (P4) se encuentra en estado oligotrófico, los ríos Blanco (P5) y Playayacu (P3) se encuentran en un estado mesotrófico y los ríos Jivino (P1) y Napo (P2) están eutrofizados.

El objetivo general planteado es determinar la calidad de agua de los ríos que se encuentran dentro de la Reserva Biológica de Limoncocha usando diatomeas epilíticas

# **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

como bioindicadores. Como objetivos específicos tenemos detallar las especies de diatomeas que se encuentran en cada uno de los puntos de muestreo, aportar a una línea base de diatomeas del Ecuador y finalmente evaluar las condiciones de calidad de los ríos de la RBL usando parámetros fisicoquímicos y bioindicadores.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología desarrollada dentro de esta investigación está basado en (Blanco et al., 2013), (ECS, 2003) y (Castillejo et al., 2018) la cual se dividió se en dos fases: de campo y de laboratorio.

### **2.1. Fase de campo**

#### **2.1.1. Zona de muestreo**

El estudio se realizó en 5 ríos que se encuentran dentro de la cuenca del Capucuy, forma parte de la Reserva Biológica de Limoncocha, en la provincia de Sucumbíos, al norte del país. RBL es considerada uno de los ecosistemas más importantes del Ecuador. Las actividades en esta zona se basa en el desarrollo sustentable y sostenible de los recursos que se encuentran ahí (MAE, 2011).

Los puntos de muestreo: Río Jivino (P1) y Napo (P2), que son los puntos de corrientes más grandes y en los cuales son fuentes de actividades económicas, por lo cual se la determinaron como zona sucia. Se tomaron en cuenta también puntos secundarios de muestreo que son los ríos Playayacu (P3) y Blanco (P5), los cuales por su ubicación se lo determino como zona intermedia y finalmente al río Pishira Alto por estar alejado de cualquier actividad antropogénica se denominó zona limpia. Los cuales fueron

# “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”

muestreados en el período de diciembre del 2017 hasta octubre del 2018, con un total de 7 meses

**Tabla 1: Puntos de muestro de la Reserva Biológica de Limoncocha**

Punto			coordenadas X	coordenadas Y
P1	Jivino	18M	31913	9953537
P2	Napo	18M	31917	9950789
P3	Playayacu	18M	31758	9957682
P4	Pishira Alto	18M	31586	9958872
P5	Blanco	18M	31593	9962671



**Fig 1: Mapa de puntos de muestreo Reserva Biológica de Limoncocha**

## 2.1.1.1. Abiótico

En el punto de muestreo se toman una muestra de 1L de agua en botellas para ser transportadas hacia un laboratorio para los análisis ex situ. En el mismo punto, se tomaron parámetros in situ haciendo uso de multiparámetros HACH el cual ha sido calibrado, estos son temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto. Haciendo uso de un GPS se registraron las coordenadas de los puntos.

# **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLOGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

## **2.1.1.2. Biótico**

Las muestras de diatomeas fueron colectadas de sustratos en este caso fueron piedras, en cada uno de los puntos Se seleccionaron sustratos sumergidos hasta 30cm de profundidad, con coloración verde-marrón y textura viscosa. Se colocó el sustrato sobre una bandeja, se seleccionó un cuadrante de 5x5 cm, haciendo uso de un cepillo y una piseta con agua destilada, se raspa y se lava al mismo tiempo sobre el cuadrante. Este procedimiento se lo repite tres veces por punto con el fin de obtener una muestra compuesta. Una vez terminado este paso se coloca la muestra en frasco blancos etiquetados con formaldehído al 10%, para detener la proliferación celular.

## **2.2. Fase de laboratorio**

### **2.2.1. Parámetros fisicoquímicos**

Una vez obtenidas las muestras en campo se procede a tratarlas y procesarlas. Los parámetros químicos que se miden en el laboratorio son: turbidez, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos y coliformes. Para la determinación de la turbidez se lo realizó mediante un turbidímetro (Thermo Fisher) en el cual se coloca una cantidad de muestra y se mide, así con cada una de las muestras de agua de cada punto.

Para nitratos y fosfatos se midió por espectrofotometría usando protocolos de HACH para determinar la concentración de cada uno de los parámetros (HACH, 2000).

En cuanto a los sólidos disueltos se determinó filtrando una muestra, en primera instancia se pesa el papel filtro, se filtra una cantidad de muestra predeterminada y se procede a secar el papel filtro por 24 horas a 100 °C.

La determinación de coliformes presentes en el agua se lo hizo usando el medio EMB Levine, el cual está determinado para el crecimiento de coliformes fecales. Se preparo el medio, en el mismo se sembraron 100 µl de muestra y se dejó incubar a 25°C por una semana. Una vez transcurrido el tiempo se contaron las UFC (unidades formadoras de colonias).

## **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLOGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

### **2.2.2. Limpieza, tratamiento y montaje diatomeas**

La limpieza de diatomeas se basó en el protocolo de (ECS, 2003) el consistió en homogenizar la muestra colectada en tubos Falcon de 15 ml y se lavó 3 veces el preservante con agua destilada. El paso siguiente consistió en agregar Peróxido al 30% a la muestra y llevarlos a baño maría a 90°C por 24 horas, se repiten las lavadas hasta eliminar el compuesto, se agrega ácido clorhídrico y se deja reaccionar por el mismo periodo de tiempo. En el caso de que la muestra presente mucha materia orgánica se procederá a colocar 0,5 g de dicromato de potasio y nuevamente se deja reaccionar. Se realiza las ultimas lavadas con agua destilada hasta eliminar el químico.

Una vez terminada la limpieza de las muestras se procedió a montar placas fijas, en lo cual en un cubreobjetos se colocó gotas de muestras hasta que se secan completamente, antes de fijarlas se contemplaba que el número de valvas sean entre 10 a 20 por campo caso contrario se concentraban las muestras agregando más gotas. Finalmente, con la ayuda de una plancha de calentamiento se coloca 1 gota del medio de montaje conocido como naphrax, el cual tiene un índice de rarefracción ( $IR=1,73$ ).

Se analizaron 35 de material periférico las cuales reposan en el laboratorio de investigación de la UISEK debidamente etiquetados con sus códigos.

Una vez que las placas se encuentren listas, se procede a la identificación y conteo de cada placa preparada, con la ayuda de un microscopio binocular Leica. Con el fin de analizar la variación inter e intraespecífica de las comunidades de diatomeas se fotografiaron los individuos encontrados con el modelo de cámara Leica DM750, en cada una de estas se procede a medir cada una de ellas y contar sus estrías o fíbulas, en un rango de 10  $\mu\text{m}$  desde el centro.

Para el conteo de individuos se coloca la placa en el microscopio, se toma en cuenta las coordenadas de inicio para generar número aleatorios de acuerdo a (Blanco, 2010), esto nos dice

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”

cuántos campos deberíamos tomar en cuenta en cada uno de los ejes, y se debe llegar a contar hasta 400 individuos por placa.

Para luego con la ayuda del programa Corel x7 v21 editar las fotografías reduciéndolas al factor de corrección determinado en una escala de 10um.

La identificación de diatomeas se basó en bibliografía especializada (Horts Lange-Bertalot, Metzeltin, & García-Rodríguez, 2006), (Horst Lange-Bertalot, Rumrich, & Rumrich, 2000) y (Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007)

### 2.3. Análisis de datos

Para evaluar la calidad del agua se utilizó el programa IQA-DATA, el cual utiliza los parámetros físicos químicos y clasifica los recursos hídricos (Posselt & Costa, 2010). Utilizando el siguiente rango de calificación:

**Tabla 2: clasificación IQA-Data**

<b>Clasificación</b>	<b>Rango de calificación</b>
Muy malo	0 – 25
Malo	26 – 50
Regular	51 – 70
Bueno	71 – 90
Excelente	91 – 100

El índice trófico de calidad de agua se basa en evaluar las comunidades presentes en un ecosistema evaluando sus niveles de sensibilidad (Carmona Jiménez, et al, 2016). Se lo hizo determinando las especies representativas en los puntos de muestreo. Se determinaron sus valores de S

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

(tolerancia) que expresa la calidad haciendo uso del programa OMNIDIA. Se uso la siguiente fórmula:

Donde:

- vt: valor trófico equivalente al valor S
- h: abundancia

(Lobo et al., 2015)

**Tabla 3: Relación del índice trófico con la calidad de agua**

ITQA	Niveles de contaminación
1 - 1.5	Oligotrófico (contaminación despreciable)
1.5 - 2.5	β-mesotrófico (contaminación moderada)
2.5 - 3.5	α-mesotrófico (contaminación fuerte)
3.5 - 4	Eutrófico (contaminación excesiva)

(Lobo, Heinrich, Schuch, Wetzel, & Ector, 2016)

El índice de Shannon-Wiener, es un índice ecológico usado para determinar la abundancia de especies en un hábitat específico, aquí se obtiene la cantidad de especies dentro del área que se refiere a la riqueza y la abundancia relativa de las especies (Bere & Tundisi, 2011), se basa en la siguiente fórmula:

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

Donde:

- H' = Índice de Shannon- Wiener
- P<sub>i</sub> = Abundancia Relativa
- ln = Logaritmo Natural

# “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

**Tabla 4: Rango de clasificación Índice de Shannon-Wiener**

<b>Clasificación</b>	<b>Rango</b>
Bajos en diversidad	Menor a 2
Valor normal	2-3
Altos en diversidad	Mayor a 3

Los números de diversidad de Hill o número efectivo de especies presente, este representa el grado de distribución de las abundancias relativas en el número especies (Chao, Chiu, & Jost, 2010), esta se basa en la siguiente formula:

$$E' = \frac{N2}{N1}$$

Donde:

- N1= la especie abundante
- N2=la especie más abundante

Finalmente haciendo uso del programa PAST se realizaron análisis de tipo clúster el cual se encarga de agrupar los puntos muestreo en base a sus similitudes con el uso de los datos previamente obtenidos.

## **3. RESULTADOS**

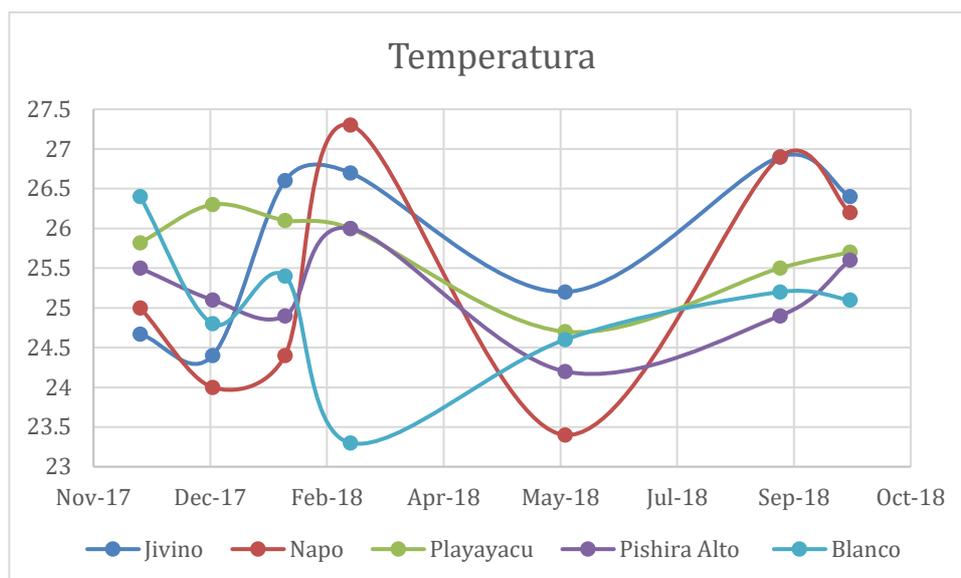
### **3.1. Parámetros fisicoquímicos**

Se evaluaron cada uno de los parámetros individualmente en el transcurso del tiempo para analizar sus cambios durante el muestreo y evaluar si se encuentran dentro de la Norma TULSMA (Anexo 1).

#### **3.1.1. Temperatura in situ agua**

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

La temperatura es uno de los parámetros fisicoquímicos que tiene un rango de variación menor, este se encuentra en el rango de 23.3 a 27.3. Se puede ver que Playayacu (P3) se mantiene con menos fluctuaciones que el resto, que sus variaciones son muy notables. Si esta aumenta considerablemente el oxígeno disuelto se vera afectado por la disolución del mismo en el agua

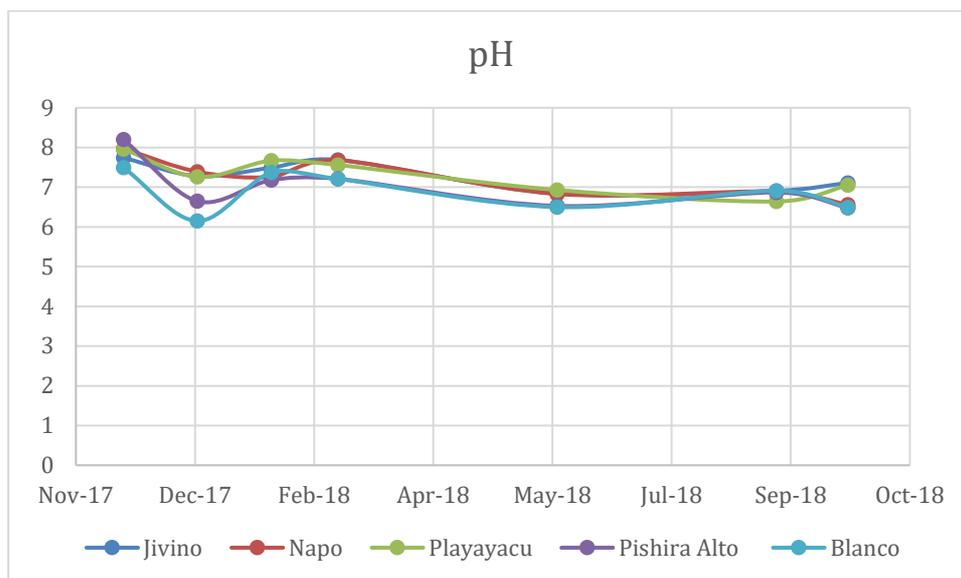


**Fig 2: Variación de temperatura en los ríos de Limoncocha**

### 3.1.2.pH

Durante los 7 muestreos realizados el pH se mantuvo en un rango de 6.15 a 8.2, por lo que se encontraba ligeramente básico a ácido. El promedio de los datos fue de 7.14 el consideramos un pH neutro.

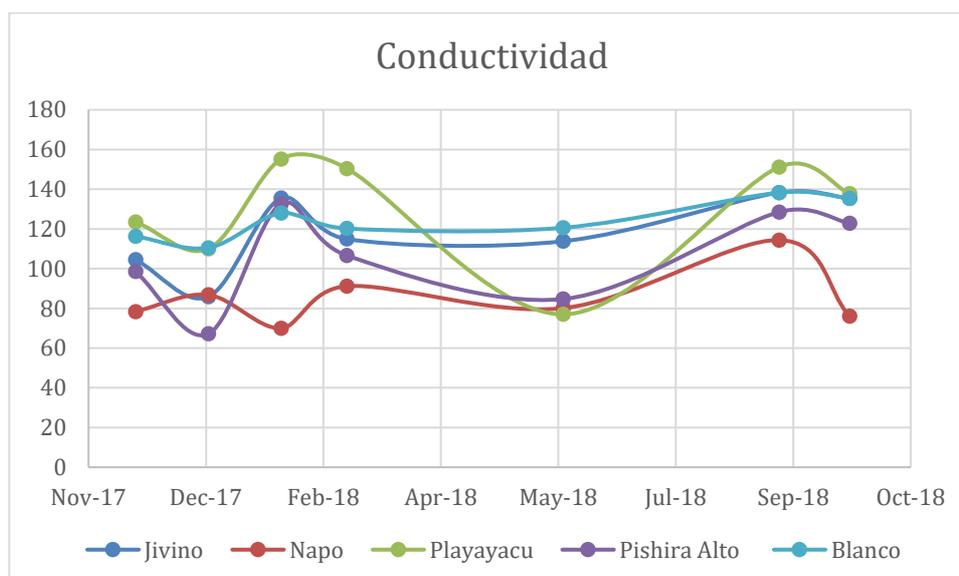
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”**



**Fig 3: Variación de pH en los ríos de Limoncocha**

**3.1.3. Conductividad**

La conductividad es uno de los parámetros que cambia con el paso del tiempo, sin embargo, en cada uno de los puntos mantiene una tendencia de aumento o disminución. El rango va desde 67.2 siendo el menor valor a 155.2 el cual es el más alto.

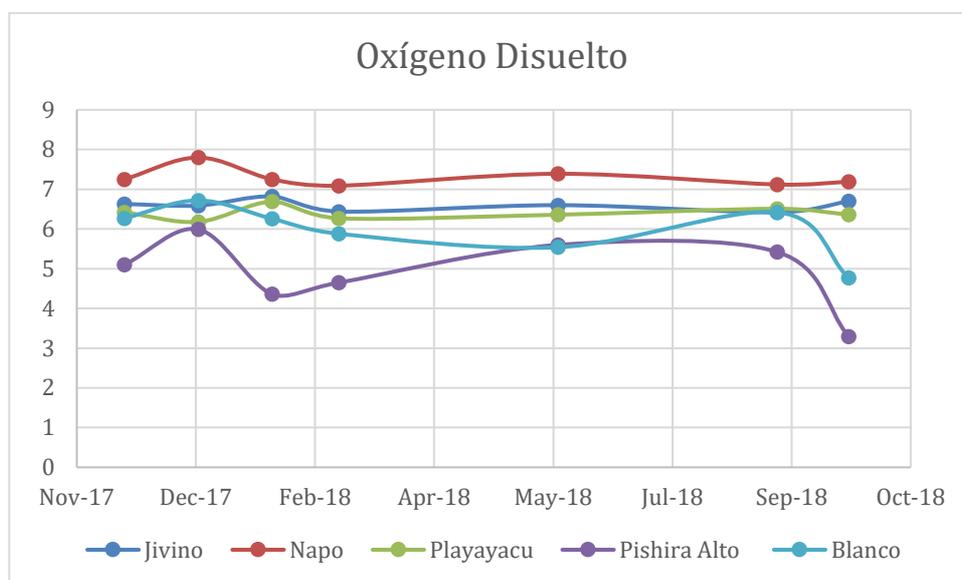


**Fig 4: Variación de conductividad en los ríos de Limoncocha**

# “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

## 3.1.4. Oxígeno Disuelto

En oxígeno disuelto es la aireación que ha sufrido un cuerpo de agua, el rango en el que se encuentra este parámetro es de 4.77 mg/L a hasta 7.8 mg/L. El punto el cual ha tenido más variaciones a través del tiempo es Pishira alto (P4) ya que este se sufrió intervenciones por la construcción de una vía y se afectado.

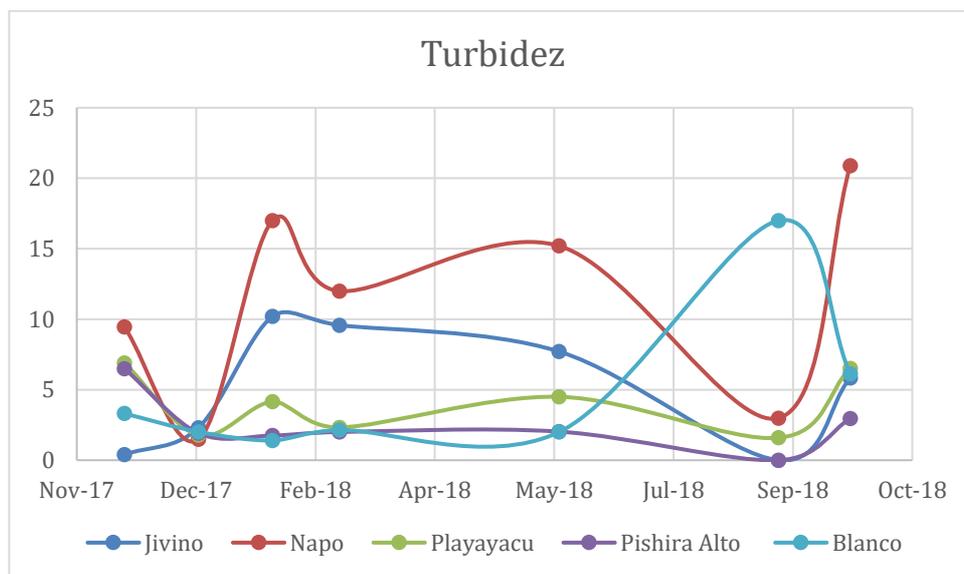


**Fig 5: Variación de Oxígeno disuelto en los ríos de Limoncocha**

## 3.1.5. Turbidez

La turbidez es la transparencia del agua por sus partículas en suspensión, el rango en el que se encuentra este parámetro es de 0.4 a 20.9. El exceso de partículas en suspensión afecta sobre la absorción de oxígeno en el agua.

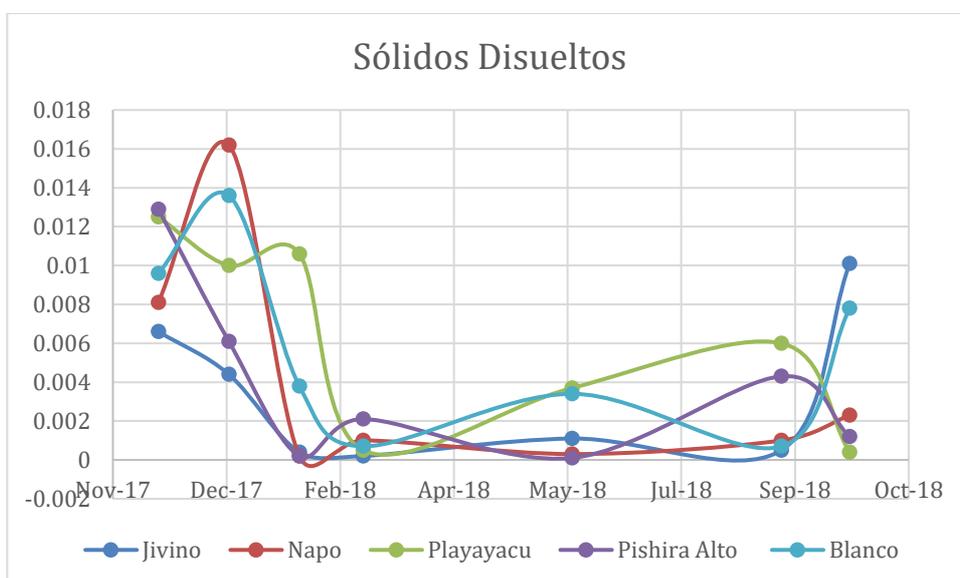
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”**



**Fig 6: Variación de Turbidez en los ríos de Limoncocha**

**3.1.6. Sólidos disueltos**

Los sólidos disueltos que se encuentran presentes en las muestras aumentan en época de invierno, las lluvias producen que los sólidos del fondo se levanten aumentando esta medida. Podemos tomar una comparativa con la turbidez ya que donde tenemos los valores más altos coincide en ambas mediciones. El aumento de sólidos disueltos aumenta la cantidad de sales que elevara la conductividad y se puede apreciar este fenómeno en el segundo muestreo.

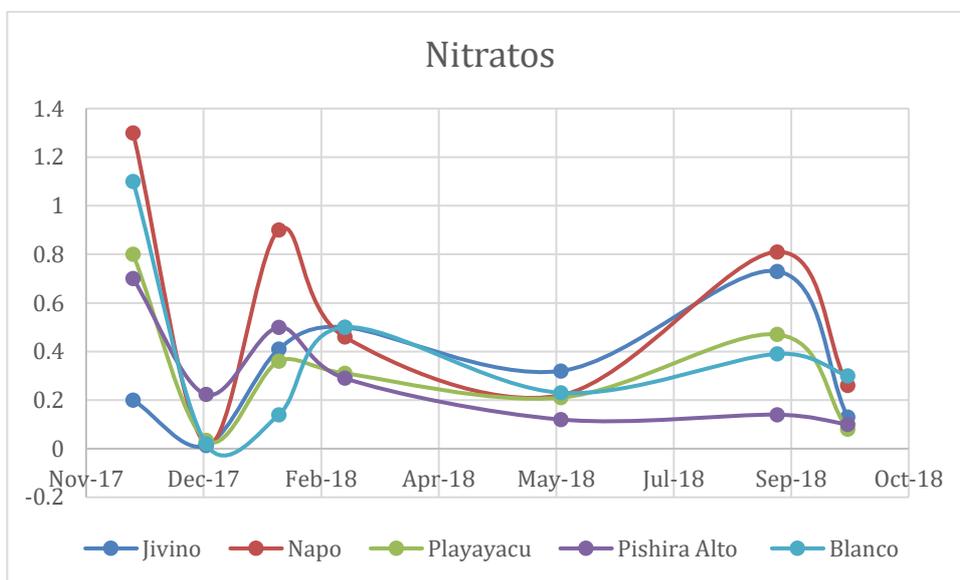


# “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

**Fig 7: Variación de sólidos disueltos en los ríos de Limoncocha**

### 3.1.7. Nitratos

Los valores de nitratos a través del tiempo demuestran cierta uniformidad, ya que en los puntos los aumentos o el decaimiento del parámetro varía igual en todos los puntos. El río Pishira alto (P4) presenta la menor variación y los valores más bajos, mientras que el río Napo (P2) muestra los valores más altos lo cual nos da un indicio del estado del agua.

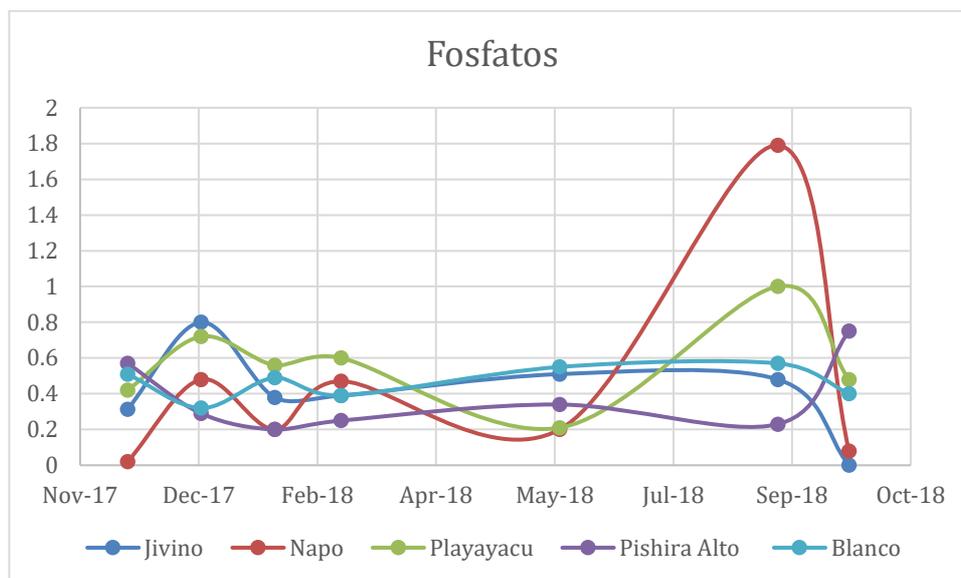


**Fig 8: Variación de Nitratos en los ríos de Limoncocha**

### 3.1.8. Fosfatos

Los fosfatos demuestran mantener en un rango similar en la mayoría de los puntos excepto en septiembre donde los valores se disparan y aumentan notablemente puede deberse a una concentración de este por falta de lluvia.

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

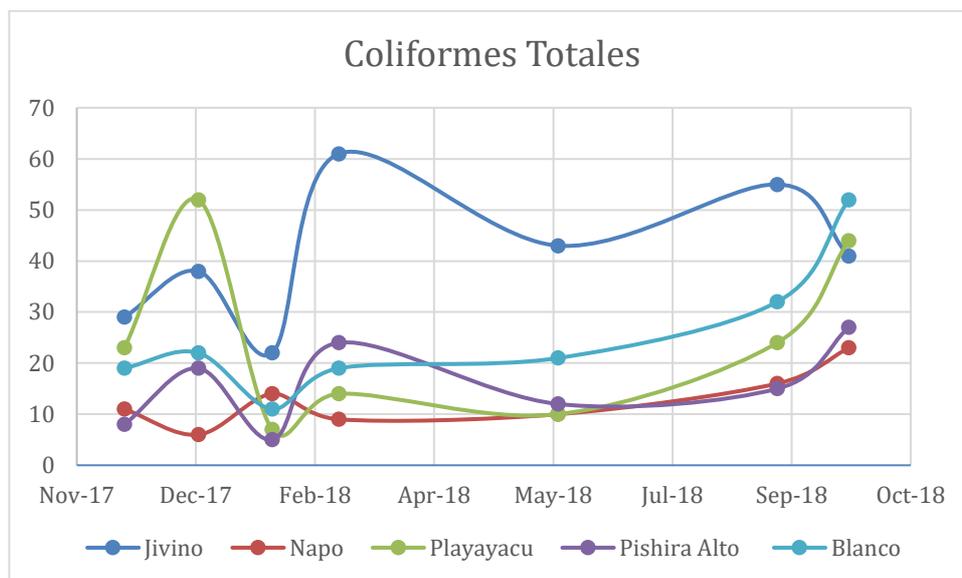


**Fig 9: Variación de fosfatos en los ríos de Limoncocha**

### 3.1.9. Coliformes Totales

Los coliformes totales es un parámetro el cual se encuentra en constante variación, pero se puede notar que las diferencias son temporales ya que de diciembre a Febrero es invierno por lo que tenemos lluvias lo que aumenta los caudales de los ríos. Dentro de los criterios de la Norma De Calidad Ambiental establece que un máximo de 20 nmp/100 ml por lo que muchos de los puntos están sobre el limite permisible o muy cerca del pasarlo. El rio Jivino ya que sus números de colonias se encuentran fuera de rango de forma alarmante.

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”**



**Fig 10: Variación de coliformes totales en los ríos de Limoncocha**

**3.2. Evaluación de la normativa**

Se evaluó los parámetros (Anexo 1) en base a la normativa del TULSMA libro IV anexo 1, que es Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua, Tabla # 3 que se hace referencia a los “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”. Se evaluaron los parámetros tomados en promedio de todos los muestreos y se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 5: Evaluación de parámetros en base al TULSMA**

Parámetros	Límite Máximo permisible	Puntos Muestreo				
		JI	NA	PY	PA	BL
Oxígeno Disuelto	No menor a 6 mg/L	6.6	7.29	5.98	4.91	6.39
pH	5 a 9	7.29	7.22	6.87	7.01	7.29
Temperatura del agua	+ 3 condiciones naturales *	24.67	25.6	25.81	25.14	24.97
Coliformes Fecales	Máxima 20	41.28	12.71	24.14	17	24.85

\*Condiciones naturales: 21°C

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

Se evaluaron los parámetros de oxígeno disuelto, pH, temperatura y coliformes fecales. El pH es el único parámetro que se encontraba dentro de rango en todos los puntos, oscilando en un estado neutro. La temperatura es lo opuesto ya que ninguno de los puntos de muestreo se encuentra dentro de límite permisible, sin embargo, sobrepasan el límite por muy poca diferencia.

El punto de muestreo que se encuentra incumpliendo la mayoría de los parámetros es Playayacu.

### 3.3. Resultados IQA-Data

Se realizó una evaluación del estado de calidad del agua de los puntos de muestreo usando los promedios de cada uno de los parámetros. Para el parámetro de DQO se usó una medida de 1 mg/l ya que en los planes de manejo ambiental de la RBL se encuentran en rangos no detectables, por lo que se usó la mitad de la medida no detectable. Se determinó que todos los ríos se encuentran en un rango “Bueno”, pero hay que tomar en cuenta que se encuentran bajos en esta categoría y que es muy probable que se puedan encontrar en un estado “Regular”.

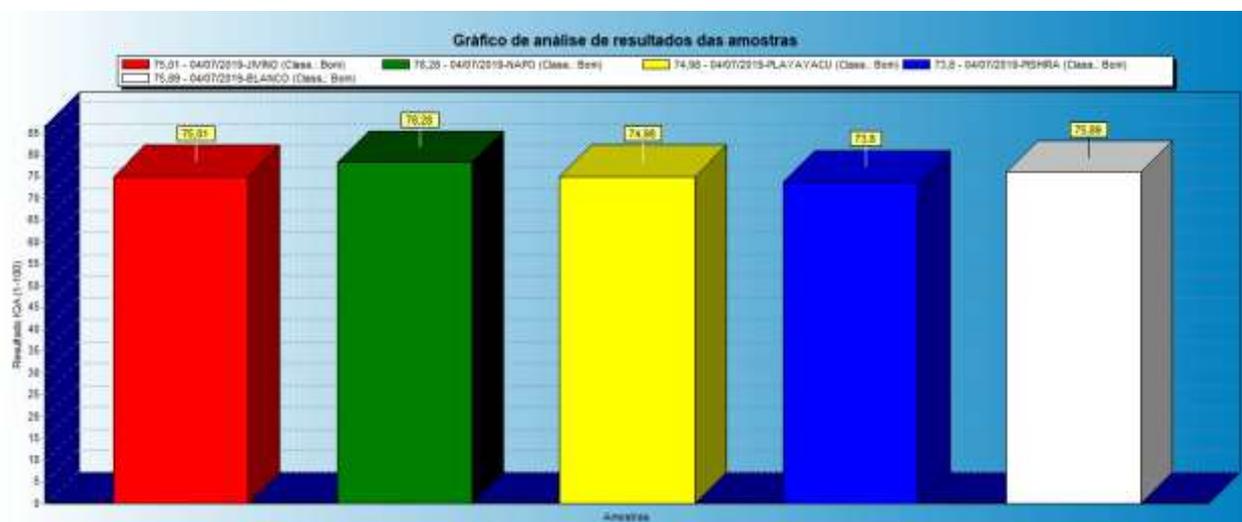


Fig 11: Gráfico de resultados IQA-Data de los ríos de Limoncocha

Tabla 6: resultados IQA-Data

Punto	Puntuación	Clasificación
P1-Jivino	75.01	Bueno
P2-Napo	78.28	Bueno

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”**

P3-Playayacu	74.98	Bueno
P4-Pishira	73.8	Bueno
P5-Blanco	75.89	Bueno

En el Anexo 4 tenemos los análisis individuales de cada uno de los puntos en cada uno de los muestreos. El P1 (Jivino) todos los muestreos están dentro de la clasificación de “bueno”, a excepción del muestreo de marzo en el cual se clasifico como “regular” con una puntuación de 66,01. El P2 (Napó) tuvo una situación similar, la diferencia es la única clasificación “regular” que recibió este punto fue en el muestreo del mes de septiembre con una puntuación 68,11, la cual no le falta mucha diferencia para cambiar a una clasificación mas alta. En el P3 (Playayacu) todas las clasificaciones están en la clasificación de “bueno”, diferencia del último muestreo del mes de octubre que está en una clasificación menos en “regular” con una puntuación de 67,22, lo mismo ocurre en P4 (Pishira) pero con una clasificación 59,87. El P5 (Blanco) es el único punto con todos los puntos de muestreo se encuentran en una clasificación de “bueno”.

**3.4. Índices de diversidad**

**3.4.1. Índice de Shannon-Wiener**

Se evaluó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, En cada punto de muestreo (Tabla 8), dentro de los valores de diciembre del 2017, que corresponde al primer muestro tenemos una alta diversidad en los dos primeros puntos acompañados de rangos normales para el resto de los puntos. El P3 presenta 3 valores de diversidad baja en los 3 últimos muestreos. Los rangos normales de diversidad se encuentran entre 2 a 3, los resultados en su mayoría se encuentran dentro de esta clasificación, incluso en el promedio de cada uno de los puntos.

**Tabla 8: Resultados índices de Shannon-Wiener**

	Índice de Shannon-Wiener							
	Dic-17	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Jun-18	Sep-18	Oct-18	Promedio
P1	3.137	2.894	2.655	2.863	2.549	2.648	2.828	2.7962857
P2	3.008	2.942	2.779	2.51	2.117	2.777	2.654	2.6835714
P3	2.572	2.448	2.709	2.563	1.83	1.834	1.69	2.2351429

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

P4	2.729	2.618	2.474	2.557	2.698	2.602	2.881	2.6512857
P5	2.614	2.524	2.736	2.278	2.203	2.908	2.516	2.5398571

**3.4.2. Números de Hill**

El siguiente análisis se realizó obteniendo los resultados del Índice de Shannon-Wiener y de Simpson. Los siguientes son los números Hill de cada uno obtenidos.

**Tabla 9: Resultados números de Hill**

Números de Hill			
	NO	N2	N1
P1	2821	16.38	1.11
P2	2772	14.64	1.13
P3	2794	9.35	1.32
P4	2792	14.17	1.14
P5	2795	12.68	1.15

A continuación, el índice de equitatividad representa el grado de distribución refiriéndose a la abundancia de especies de diatomeas encontradas en los 5 diferentes ríos según sus meses de muestreo.

**Tabla 10: Resultados índice de Hill (equitatividad)**

Índice Hill								
	Dic-17	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Jun-18	Sep-18	Oct-18	Promedio
P1	0.045823	0.059463	0.080415	0.061881	0.090799	0.079142	0.066313	0.069119
P2	0.052521	0.056015	0.0691	0.098121	0.15119	0.068387	0.078015	0.081907
P3	0.086396	0.104693	0.076556	0.089808	0.264186	0.243705	0.297612	0.166137
P4	0.073486	0.083199	0.101174	0.088735	0.077296	0.083493	0.061781	0.081309
P5	0.082423	0.09299	0.072727	0.123764	0.134606	0.058379	0.093099	0.093998

Se observa en la tabla 10 que los grados de distribución de las especies en todos los puntos de muestreo es bajo; siendo únicamente el P3 el que obtuvo un valor más alto

**3.5. Índice de Calidad de Agua**

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”

Para determinar el estado biótico del agua se determinó las especies representativas de cada uno de los puntos. Se utilizó el programa OMNIDIA tomando el valor óptimo (S), el cual representa la calidad de una especie determinada, siendo 5 de muy buena calidad y 1 de muy mala calidad. También fueron tomados los valores de tolerancia (V), donde 3 representa especies con baja amplitud ecológica pero buenas indicadoras y 1 viceversa, amplia amplitud ecológica y mala indicadora. Cada uno de los valores anteriores se tomaron del IDG (Generic Diatom Index), podemos observar dentro del Anexo 2. Mediante la fórmula de ITQA obtuvimos el estado de trófico de cada uno de los ríos.

**Tabla 11: Clasificación trófica ríos de Limoncocha**

	ITQA
P1	3.01
P2	3.12
P3	3.13
P4	3.5
P5	3.05

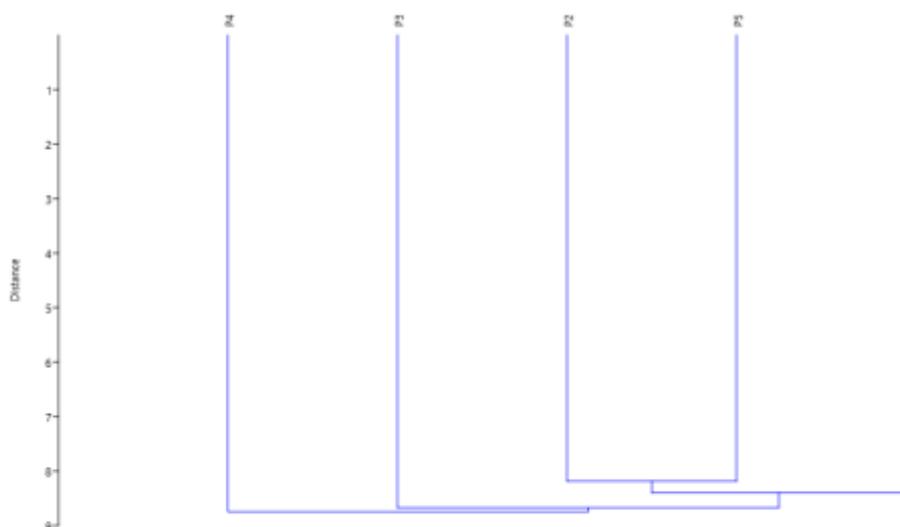
Los resultados reflejaron que el estado trófico de los puntos de muestreo analizados se encuentra en a-mesotrófico, lo cual indica una contaminación fuerte.

### **3.6. Análisis Clúster de los puntos de muestreo**

#### **3.6.1.Presencia-Ausencia**

El primer análisis de clúster se lo realizó en base a una matriz de ausencia y presencia de las especies encontradas en los puntos de muestreo, siendo 0 la ausencia y 1 la presencia. Tomando a 0 como ausencia y 1 a presencia. Obteniendo como resultado que el P1, P2 y P5 comparten similitud en las especies encontradas y el P3 Y P4 en otro grupo.

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

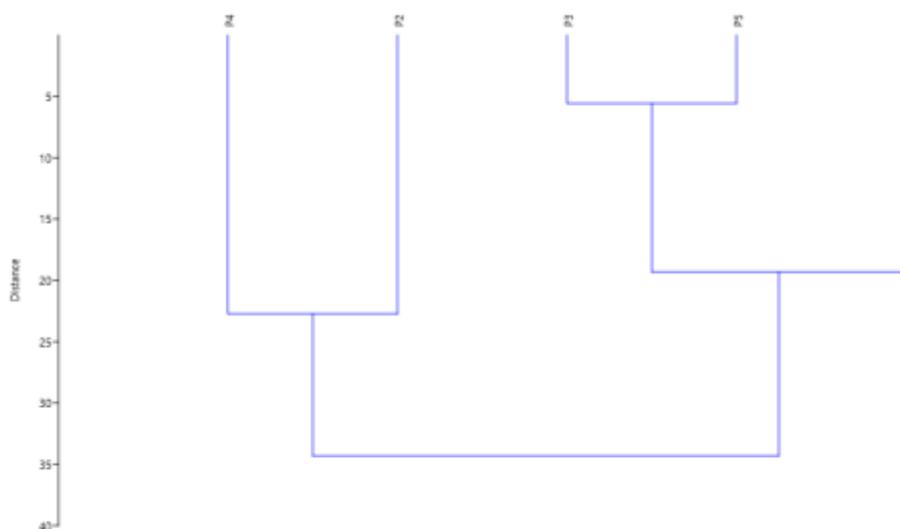


**Fig 12: análisis clúster ausencia-presencia**

### **3.6.2. Parámetros fisicoquímicos**

El siguiente análisis se realizó utilizando los valores promedios de los parámetros físico-químicos. Agrupándolos en dos grupos diferentes: el primero que consiste en P4 y P2, que corresponden a una zona sucia y limpia, al haberlos juntado inferimos que P4 está cambiando de estado a sucio. El segundo grupo constituido por P3, P5 y P1, son puntos de zona media y sucia, en lo que sus parámetros se encuentran en un rango contaminado.

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**



**Fig 13: análisis clúster parámetros fisicoquímicos**

**3.7. Especies Indicadoras**

Las especies indicadoras son aquellas que son específicas en cada punto de muestreo, se las considera de esta forma ya que son específicas de ese punto. A cada uno de ellas se le ha tomado en cuenta sus valores de “V” y “S” para conocer su ecología. Las especies que no se encontraban dentro de la base de datos se tomó como referencia los valores del género. Se tomaron en cuenta los valores mayores o iguales a 2, que tomamos como las especies especialistas.

Se realizó el análisis con las agrupaciones obtenidas por el análisis clúster de ausencia y presencia que agrupa a los puntos en 3 grupos principales, el primero está compuesto por estos puntos P1, P2 y P5, se identificaron las especies indicadoras presentes en estos puntos.

**Tabla 12: Especies indicadoras del P1, P2 y P5 de la Reserva Biológica de Limoncocha**

	Especie	Código	S (1-5)	V (1-3)	h (Abundancia)
1	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	<b>ASPH</b>	3.6	2.5	1
2	<i>Cavinula sp1</i>		5	2	8
3	<i>Diademsis confervacea var. rostrata</i>		3.3	2	3

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

4	<i>Encyonema melidense</i>	<i>EMEL</i>	4.9	2.4	13
5	<i>Encyonema minutum</i>	<i>ENMT</i>	4.9	2.4	20
6	<i>Eunotia bilunaris</i>	<i>EBLR</i>	4.8	2.3	61
7	<i>Frustalia pangea</i>	<i>FPAN</i>	4.8	2.7	10
8	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	<i>GYAT</i>	3.9	2.8	12
9	<i>Halamphora holsatica</i>	<i>HHOL</i>	2.6	2	22
10	<i>Luticola intermedia</i>	<i>LINT</i>	2.9	2.1	13
11	<i>Luticola saxophila</i>	<i>LSAX</i>	2.9	2.1	22
12	<i>Nitzschia claussi</i>	<i>NCLA</i>	1	2.3	25
13	<i>Nitzschia sp1</i>	<i>NZSS1</i>	1	2.3	43
14	<i>Nitzschia sp2</i>	<i>NZSS2</i>	1	2.3	93
15	<i>Nupela wellneri</i>	<i>NUWE</i>	5	2	4
16	<i>Pinnularia aff. stauroptera var. brevicostata</i>		4.7	2.3	3
17	<i>Pinnularia microstauron</i>	<i>PMIC</i>	4.7	2.3	5
18	<i>Pinnularia nobilefasciata</i>	<i>PNBF</i>	4.7	2.3	16
19	<i>Pinnularia sp2</i>	<i>PINS2</i>	4.7	2.3	15
20	<i>Pinnularia stomatophora var. irregularis</i>	<i>PSIR</i>	4.7	2.3	14
21	<i>Pinnularia tagliaventiae</i>	<i>PSEL</i>	4.7	2.3	9
22	<i>Surirella cf. fuellebornii</i>	<i>SFUE</i>	3.6	2.2	2
23	<i>Synedra goulardii</i>	<i>SGOU</i>	3.1	1.8	2

El segundo grupo esta conformado por el punto P3, y se obtuvieron el siguiente grupo de especies indicadoras.

**Tabla 13: Especies indicadoras del P3 de la Reserva Biológica de Limoncocha**

	Espece	Código	S (1-5)	V (1-3)	h (Abundancia)
1	<i>Amphora copulata</i>	ACOP	2.6	2.2	9
2	<i>Diploneis elliptica</i>	DELL	4	2.4	1
3	<i>Eunotia bidens</i>	EUBI	4.8	2.3	2
4	<i>Eunotia monodontiforma</i>	EMOF	4.8	2.3	12
5	<i>Eunotia sp4</i>		4.8	2.3	3
6	<i>Eunotia ventriosa var. brevis</i>	EVBR	4.8	2.3	6
7	<i>Nitzschia sp4</i>		1	2.3	6
8	<i>Pinnularia angustistriata</i>	PAGS	4.7	2.36	10
9	<i>Pinnularia saprophila</i>	PSAP	4.7	2.3	16
10	<i>Pinnularia microstauron var. rostrata</i>	PMRO	4.7	2.3	4
11	<i>Rhopalodia gibberula</i>	RGBL	4.3	2.9	12

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

El último grupo que se obtuvo dentro del análisis está compuesto por el P4, se obtuvieron las siguientes especies.

**Tabla 14: Especies indicadoras del P4 de la Reserva Biológica de Limoncocha**

	Especie	Código	S (1-5)	V (1-5)	h (Abundancia)
1	<i>Achnanthes spec. cf. convergens</i>		4.5	2.1	1
2	<i>Cymbella turgidula</i>	CTGL	4.7	2.6	22
3	<i>Encyonema gertenbergeri</i>	ENGE	4.9	2.4	4
4	<i>Encyonema sp1</i>		4.9	2.4	6
5	<i>Nitzschia terrestris</i>	NTER	1	2.3	4
6	<i>Nupela spec. cf. Rumichorum</i>		5	2	7
7	<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	PACR	2.6	3	10
8	<i>Pinnularia notabilis</i>	PNOT	4.7	2.3	4
9	<i>Pinnularia sterrenburgii var. Cuyabenensis</i>	PSCB	4.7	2.3	1
10	<i>Rhopalodia sp1</i>		4.3	2.9	10
11	<i>Stauroneis sp2</i>		3.7	2.1	6

#### 4. Discusión

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que la hipótesis planteada se rechaza, ya que se obtuvieron diferentes resultados por parte del análisis trófico, IQA-Data y en base a la norma.

Los análisis individuales de cada uno de los parámetros fisicoquímicos muestran las variaciones que han ocurrido a través del tiempo durante el periodo de estudio. La turbidez es uno de los parámetros que más fluctúa durante el tiempo, el rango es de 0.4 a 20.9 NTU, en lo cual hay una diferencia significativa. Los sólidos disueltos es un parámetro que va a la par que el anterior ya que sus variaciones coinciden de acuerdo con el anterior parámetro, estas son dependientes entre sí, por lo cual sus medidas son proporcionales. Sus variaciones se pueden deber a precipitaciones que aumentan la presencia de sólidos y afecta la transparencia del agua.

La conductividad es un parámetro que está en constante cambio, esta se debe a lo mismo de los parámetros anteriores, se considera que está relacionado con la solidos disueltos presente en el

## **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

agua por la disolución de iones en los cuerpos hídricos. Este se rige dentro de un rango de 67.2 a 155.2 mg/L. En el P3 es en el punto en que más cambios se observan.

El TULSMA controla varios parámetros, de los cuales 4 se han medido en la presente investigación. El primero es el pH, este parámetro presenta pocas variaciones, su rango de variación se encuentra dentro de lo neutro, lo cual no afecta de forma significativa al estado del agua y no incumple el límite permisible. El siguiente parámetro que ha sido medido y que se encuentra normado, es el oxígeno disuelto, en el cual se establece que no debe ser menor a 6mg/L, sin embargo, dentro de sus rangos de variación si se encuentran más bajos de la normativa. Las coliformes totales tienen su límite máximo permisible en un máximo de 20 UFC. Sin embargo, en tres puntos se incumple, con una diferencia notaria, la presencia de altas concentraciones es una manifestación del estado de contaminación del cuerpo hídrico. Por último, consideramos el parámetro de temperatura del agua, el cual indica que esta no debe superar 3° de las condiciones normales, lo cual se incumple en todos los puntos, pero de debe tomar en cuenta que el lugar de investigación posee un clima cálido que afecta directamente al agua.

Los resultados obtenidos por el programa IQA-Data el cual evalúa cuerpos hídricos en base a parámetros fisicoquímicos, clasifica que todos los ríos se encuentran dentro del rango de “bueno” el cual va 71-90. Como se puede evidenciar en la tabla 6, cada uno de estos se encuentran muy cerca de cambiar de rango de clasificación. Este resultado es tomado como referencia, ya que el programa establece un índice en base a una realidad diferente a la del país.

Por otro lado, la calidad de agua establecida por las especies abundantes de cada uno de los puntos, tomando en cuenta los valores tróficos de cada una de ellas como tenemos en el Anexo 2, reveló que el estado de los puntos de muestreo se encuentra en un estado  $\alpha$ -mesotrófico que equivale a una contaminación fuerte. Lo cual es un dato más fiable tomando las características que poseen las diatomeas como bioindicadores.

## **“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

Basándose en ambos análisis, IQA-DATA y estado trófico, se puede establecer que son contradictorios. Probablemente porque los parámetros fisicoquímicos son fácilmente variables por la facultad de diluirse o verse afectados por las condiciones climáticas. Cada uno de estos parámetros son dependientes los unos de los otros, si uno se ve afectado, por consecuencia el resto también.

El total de especies que se encontraron en todos los puntos de muestreo es de 180, dentro del P1 se obtuvo una riqueza de 91, en el P2 de 85, el P3 tiene 101, en el P4 de 99 y el P5 de 81.

La diversidad de Shannon-Wiener evaluó cada uno de los puntos en base a la abundancia y riqueza de diatomeas, cada uno de los puntos se encontró en los rangos normales (2 a 3) de distribución a excepción de ciertos meses que no afecta en el promedio de sus evaluaciones. Sin embargo, los números de Hill demostraron que la equitatividad de las especies es baja.

Con el fin de agrupar los puntos en base a sus similitudes se evaluaron dos análisis clúster. En el primero, se clasificó los ríos en base a los promedios de sus parámetros fisicoquímicos el cual tiene dos grupos principales, el primero consiste en los P2 y P4. El segundo grupo está conformado por P1 y un subgrupo de P3 y P5, Unión formada por los puntos de muestreo propensos a contaminación, Sin embargo, el primer grupo (P2 y P4), por encontrarse antes de este estudio alejado de actividades antropogénicas había sido considerado como “zona limpia” y el otro “zona sucia”, puede deberse a que el río Blanco en los últimos muestreos se vio afectado por actividades antropogénicas, como la agricultura o urbanización ya que hubo el uso de maquinaria pesada para crear un paso vehicular.

En el análisis de presencia y ausencia, se agrupa los grupos de muestreo en tres grupos principales que consisten en: P4, siguiente grupo P3 y por último P4, P2 y P5. Tomando en cuenta los análisis previos se explica esta clasificación. El primer grupo (P4) tiene una riqueza de 99 especies, una clasificación de parámetros fisicoquímicos bajo el análisis del IQA-Data de 73.8 y una equitatividad 0,081, el segundo compuesto por P3, una clasificación de 74.98, tiene una riqueza

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

101 especies y una equitatividad de 0.116. El último grupo (P2, P5 y P1), tiene la riqueza 85, 81 y 91 especies, una clasificación de 78.28, 75.89 y 75.01 y una equitatividad 0.082, 0.09 y 0.069 respectivamente. En cada uno de los grupos se identificaron valores similares en los análisis, el P4 el cual estaba identificado como “zona limpia” se encuentra aislado en un grupo, el siguiente grupo también está compuesto por un solo punto P3, este se encontraba en una clasificación de zona media y el último grupo en el que se encuentran P1 y P2, de “zona sucia” y P5 de “zona media”, el cual, basándonos en los análisis se puede pronosticar que el cambio de estado de calidad está en proceso, la zona que se había denominado como “zona media” por la poca presencia de actividades antropogénicas. En el presente estudio, con los resultados obtenidos se cataloga como zona eutrofizada.

Las especies indicadoras presentes en la primera agrupación (P1, P2 y P5), tiene un total de 23 estenoicas, es decir las que tuvieron un valor de V mayor o igual 2. Dentro de estas se encuentran las especies de *Cavinula sp1* D.G.Mann & A.J.Stickle y *Frustulia pangaea* Metzeltin & Lange. Bertalot, son especies encontradas en ambientes oligotróficos cuya abundancia es de 8 y 10 respectivamente, sin embargo, su presencia evidencia que el ecosistema ha sufrido cambios ya que el resto de especies de indicadoras son de ambientes opuestos a los mencionados (Cvetkoska, Levkov, Hamilton, & Potapova, 2014)(Casa, Mataloni, & Van De Vijver, n.d.). Las especies de *Encyonema melidense* Krammer, *Encyonema minutum* (Hilse) D.G.Mann y *Nitzschia clausii* Hantzsch son característicos de ambientes con niveles de nitrógeno orgánico elevados, concentraciones de minerales altos, y tolerantes a ambientes contaminados, determinándolos como dependientes de contaminación (Lowe, 2003). En cuanto a *Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt, necesita ambientes de pH bajos, quiere decir, que se encuentra en condiciones ácidas y baja presencia de minerales, su abundancia dentro de esta clasificación es de 61 especies presentes únicamente en dos puntos (P1 y P2) (Ortiz-Lerín & Cambra, 2007). Para el género *Pinnularia* Ehrenberg, representada en este estudio por 6 especies indicadoras, se encuentra en ambientes turbios, es decir con alta presencia de sólidos suspendidos,

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”

pero con baja concentración de los mismos. Evaluando las necesidades de los factores o parámetros ambientales y de las diatomeas indicadoras presentes en esta investigación, predominan los ambientes contaminados.

En el siguiente grupo compuesto por P3 (Playayacu), se obtuvieron 11 especies indicadoras, el rango de abundancias va de 1-16. En cuanto a especies de *Rhopalodia* O.Muller son propias de ambientes pobres en nitrógenos, ya que estas especies son consideradas fijadoras de nitrógeno, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O.Muller,  $V=2.9$  que es el valor más alto de tolerancia entre todas las especies, encontrada en ambientes limosos y arenosos (Jordan, 2015), por lo cual, comparando con los valores obtenidos de los sólidos disueltos en el P3 coincide con lo mencionado en la bibliografía. *Amphora copulata* (Kutzing) Schoeman & R.E.M.Archibald y *Diploneis elliptica* (Kutzing) Cleve, las cuales tienen abundancias correspondientes a 9 y 1, respectivamente, son propias de ambientes con altas concentraciones de iones y pH alcalinos. En cuanto a *Pinnularia angustistriata* Metzeltin & Krammer, *Pinnularia saprophila* Lange-Bertalot, Kobayasi & Krammer y *Pinnularia microstauron* var. *rostrata* Krammer, son representantes de ambientes con concentraciones bajas de materia orgánica y pH. Por otro lado, tenemos especies del género *Eunotia* Ehrenberg caracterizadas por ser especies cosmopolitas, con una alta tolerancia a la excesiva presencia de nutrientes (Kociolek & Spaulding, 2003) y *Nitzschia* sp4 Hassall con abundancia de 6 y su valor de  $V=2,3$ , es considerada indicadora de ambientes ricos en nutrientes, quiere decir eutrofizados (Lowe, 2003). Las necesidades de las especies indicadoras de este punto y tomando en cuenta sus características demuestran una zona de media contaminación, es decir en proceso de enriquecimiento de nutrientes, debido a que existen especies tolerantes y especies cuya necesidad es la presencia de poca materia orgánica.

El P4 (Pishira) es el último grupo obtenido por parte de la clasificación de clúster de ausencia y presencia, en donde se determinaron la presencia de 11 especies indicadoras cuyos rangos de abundancia van desde 1- 22. *Nitzschia terrestres* (J.B.Petersen) Hustedt y *Stauroneis* sp2

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”

**Ehrenberg** son los representantes de este grupo de ambientes eutróficos, sus valores de V son 2,3 y 2,1 respectivamente (Kocielek & Spaulding, 2003). *Encyonema gertenbergeri* Grunow y *Encyonema sp1* Kutzing son reconocidas por encontrarse en ambientes mesotróficos, sus valores de V= 2,4 por lo que pueden considerarse buenas indicadoras, sus abundancias son de 4 y 6 respectivamente. *Achnanthes spec. cf. convergens* H.Kobayasi ex H.Kobayshi, Nagumo & Mayama, *Nupela spec. cf. rumichorum* Vyverman & Compère requieren ambientes acuáticos pH neutros a alcalinos y baja conductividad. En cuanto a las especies de *Pinnularia Ehrenberg*, representadas por 4 en este estudio y *Rhopalodia O.Muller* requieren ambientes con baja presencia de materia orgánica En este punto, se encontraron los valores de V más altos, por lo que son indicadores de un ambiente oligotrófico, como lo propuesto. No obstante, no se puede dejar de lado el resto de las especies que clasificó este punto en una categoría mesotrófica.

### 5. Conclusiones

- Los ríos de la RBL se encuentran dentro de la clasificación  $\alpha$ -mesotrófica que se traduce en una contaminación fuerte, por lo cual la clasificación propuesta en la hipótesis se rechaza.
- Se evaluaron 4 parámetros físicos químicos basándose en el TULSMA, de los cuales, en todos los puntos únicamente un parámetro correspondiente al pH cumple con los límites permisibles. Por lo que se estaría incumpliendo con las leyes establecidas para la preservación dentro de una reserva biológica.
- El programa IQA-Data, agrupa todos los ríos dentro la clasificación de “bueno”, sin embargo, este solo evalúa parámetros fisicoquímicos, por lo que podría considerarse un análisis completo.
- La diferencia en los análisis clúster denotan las diferencias y la inconsistencia que hay entre parámetros fisicoquímicos y análisis biológicos.

## “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”

- Las especies generalistas que se encuentran presentes en los puntos de muestreo equivale al 17,22% del total de las especies, las que se encuentran presentes en 4 de los 5 puntos es de 16 especies que equivales 8,89%. El total de estas es de 47 igual a 26.11% del total.
- Las especies especialistas del primer grupo, P1, P2 y P5, es de 23 que equivale al 12,78%, en el segundo grupo compuesto por P3 es de 11 al igual que el último grupo P4, que equivale al 6,11%. El total de estas especies es de 45 que es un 25% del total.
- Las géneros principales encontradas en el área protegida del Cuyabeno es de *Eunotia* y *Pinnularia*, pero en la Reserva Biología de Limoncocha predominan *Gomphonema* y *Nitzschia*
- Se cumplió con objetivo de aportar con la línea base de especies del Ecuador al identificar cada una de ellas.

### 6. Recomendaciones

- Para establecer si los parámetros físicos químicos se encuentran dentro de los límites permisibles estipulados en el TULSMA se recomienda ampliar la evaluación en todos los puntos de muestreo, considerando los factores ambientales que pueden alterarlos “como es el caso de la toma de temperatura en una hora específica en cada punto de muestreo”
- Realizar un estudio con más estaciones en cada punto para valorar el estado del cuerpo hídrico y conocer en qué estado se encuentra.
- Realizar análisis de Demanda biológica de oxígeno (DBO) y demanda química del oxígeno (DQO), para evaluar a profundidad el estado trófico de cada punto de muestreo
- Realizar un análisis sobre calidad de agua en nuestro país para adecuar los rangos del programa IQA-Data y ajustar a la realidad nacional, de esta manera obtener resultados más precisos con respecto a la geomorfología encontrada en ríos del Ecuador.

# “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”

## 7. Bibliografía

Alves Da Costa, J., Paulo De Souza, J., Teixeira, A. P., Nabout, J. C., & Carneiro, F. M. (2018).

Eutrophication in aquatic ecosystems: a scientometric study Eutrofização em ecossistemas aquáticos: um estudo cienciométrico. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 30.

<https://doi.org/10.1590/S2179-975X3016>

Benito, X., Fritz, S. C., Steinitz-Kannan, M., Tapia, P. M., Kelly, M. A., & Lowell, T. V.

(2018). Geo-climatic factors drive diatom community distribution in tropical South American freshwaters. *Journal of Ecology*, 106(4), 1660–1672.

<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12934>

Bere, T., & Tundisi, J. . (2011). DIATOM-BASED WATER QUALITY ASSESSMENT IN STREAMS INFLUENCE BY URBAN POLLUTION: EFFECTS OF NATURAL AND TWO SELECTED ARTIFICIAL SUBSTRATES, SÃO CARLOS-SP, BRAZIL. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol*, 15, 54–63. Retrieved from

<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/bjast/article/viewFile/1923/1909>

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

*Algas*, (Excel 2003), 30–31.

Blanco, S., Cejudo-Figueiras, C., Álvarez-Blanco, I., van Donk, E., M. Gross, E., Hansson, L.-A., ... Bécares, E. (2013). Epiphytic Diatoms along Environmental Gradients in Western

European Shallow Lakes. *Clean Soil Air Water*, 41, 1–7. Retrieved from

<file:///C:/Users/Nicky/Downloads/Blanco-clen201200630-online.pdf>

Caho-Rodríguez, C. A., & López-Barrera, E. A. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, 12, 35–49. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

- Carmona Jiménez, J., Rodríguez, R. R., Guadalupe Bojorge-García, M., Hidalgo, B. G., & Cantoral-Uriza, E. A. (2016). ESTUDIO DEL VALOR INDICADOR DE LAS COMUNIDADES DE ALGAS BENTÓNICAS: UNA PROPUESTA DE EVALUACIÓN Y APLICACIÓN EN EL RÍO MAGDALENA, CIUDAD DE MÉXICO, 139–152. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.02.01>
- Casa, V., Mataloni, G., & Van De Vijver, B. (n.d.). Six new Frustulia species (Bacillariophyta) in Tierra del Fuego peatbogs, Patagonia, Argentina. <https://doi.org/10.5507/fot.2017.016>
- Casallas G, J. E., & Gunkel, G. (2001). Algunos aspectos limnológicos de un lago altoandino: el lago San Pablo, Ecuador. *Limnetica*, 20, 215–232.
- Castillejo, P., Chamorro, S., Paz, L., Heinrich, C., Carrillo, I., Salazar, J. G., ... Lobo, E. A. (2018). Response of epilithic diatom communities to environmental gradients along an Ecuadorian Andean River. *Comptes Rendus Biologies*, 341(4), 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2018.03.008>
- Chao, A., Chiu, C.-H., & Jost, L. (2010). Phylogenetic diversity measures based on Hill numbers, 3599–3609. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0272>
- Cvetkoska, A., Levkov, Z., Hamilton, P. B., & Potapova, M. (2014). The biogeographic distribution of Cavinula (Bacillariophyceae) in North America with the descriptions of two new species. *Phytotaxa*, 184(4), 181–207. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.184.4.1>
- De Oliviera, P. E., & Steinitz, M. (1992). The diatom flora (Bacillariophyceae) of the Cuyabeno Faunistic Reserve, Ecuadorian Amazonia. *Nova Hedwigia*, 515–552. Retrieved from [file:///C:/Users/Nicky/Desktop/Tesis/Bibliografía Ecuador/DiatomeasdeCuyabeno.pdf](file:///C:/Users/Nicky/Desktop/Tesis/Bibliografía%20Ecuador/DiatomeasdeCuyabeno.pdf)
- ECS, E. C. for S. (2003). Water quality — Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers.
- FAO. (2009). *Resumen del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los*

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

*recursos hídricos en el mundo*. Retrieved from [www.fao.org/nr/aquastat/](http://www.fao.org/nr/aquastat/).

Franceschi, E., & Boccanelli, S. (2016). *Los sitios RAMSAR*.

HACH. (2000). *Manual de Análisis de AGUA* (Tercera). Loveland. Retrieved from [file:///C:/Users/Nicky/Downloads/Water Analysis Manual-Spanish-Manual de Analisis de Agua.pdf](file:///C:/Users/Nicky/Downloads/Water%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Análisis%20de%20Agua.pdf)

Heinrich, C. G., Leal, V. L., Düpont, M. S. A., & Lobo, E. A. (2014). Epilithic diatoms in headwater areas of the hydrographical sub-basin of the Andreas Stream, RS, Brazil, and their relation with eutrophication processes. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 26(4), 347–355. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2014000400003>

Holt, E. A., & Miller, S. W. (2010). Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. Retrieved April 22, 2019, from <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/bioindicators-using-organisms-to-measure-environmental-impacts-16821310>

Jordan, E. (2015). *Rhopalodia gibberula* | Species - Diatoms of North America. Retrieved January 27, 2020, from [https://diatoms.org/species/rhopalodia\\_gibberula](https://diatoms.org/species/rhopalodia_gibberula)

Kociolek, J. P., & Spaulding, S. A. (2003). Eunotioid and Asymmetrical Naviculoid Diatoms. In *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification* (pp. 655–668). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-012741550-5/50019-2>

Lange-Bertalot, Horst, Rumrich, U., & Rumrich, M. (2000). *Diatoms of the Andes (From Venezuela to Patagonia/ Tierra Del Fuego)*. (G. Fischer, Ed.).

Lange-Bertalot, Horts, Metzeltin, D., & García-Rodríguez, F. (2006). *Iconographia Diatomologica: Diatoms of Uruguay*.

Lobo, E. A., Heinrich, C. G., Schuch, M., Wetzel, C. E., & Ector, L. (2016). Diatoms as

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

- bioindicators in rivers. In *River Algae*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-31984-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-31984-1_11)
- Lobo, E. A., Schuch, M., Heinrich, C. G., da Costa, A. Ben, Dupont, A., Wetzel, C. E., & Ector, L. (2015). Development of the Trophic Water Quality Index (TWQI) for subtropical temperate Brazilian lotic systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(6), 354. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4586-3>
- Lowe, R. L. (2003). Keeled and Canalled Raphid Diatoms. In *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification* (pp. 669–684). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-012741550-5/50020-9>
- MAE. (2011). *Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha*. Retrieved from <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/890928/Plan+de+manejo+de+la+Reserva+Limoncocha.pdf/bf9eb887-e71f-4d35-bb0a-019fc8ac9432>
- Metzeltin, D., & Lange-Bertalot, H. (2007). *Iconographia Diatomologica: Tropical diatoms of South America*.
- Negro, A. I., & De Hoyos, C. (2005). Relationships between diatoms and the environment in Spanish reservoirs. *Limnetica*, 24, 133–144. Retrieved from [http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne24/L24a133\\_diatoms\\_spanish\\_reservoirs.pdf](http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne24/L24a133_diatoms_spanish_reservoirs.pdf)
- Okolodkov, Y. B., & Alicia Huerta-Quintanilla, D. (2018). *Diatomeas bentónicas marinas. Ciencia y Nanociencia* / (Vol. 1). Retrieved from [www.revistamcyn.mx](http://www.revistamcyn.mx)
- Ortiz-Lerín, R., & Cambra, J. (2007). Distribution and taxonomic notes of Eunotia Ehrenberg 1837 (Bacillariophyceae) in rivers and streams of Northern Spain. *Limnetica*, 26(2), 415–434.
- Parparov, A., Gal, G., Hamilton, D., Kasprzak, P., & Ostapenia, A. (2010). Water Quality Assessment, Trophic Classification and Water Resources Management. *J. Water Resource and Protection*, 2, 907–915. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2010.210108>

# “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”

Posselt, E. ., & Costa, A. . (2010). Software IQA-Data.

Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb*, 40, 254–274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

Samboni Ruiz, C., Eugenia, N., Escobar, C., & Carlos, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación de agua, 27, 172–181. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>

Schuch, M., Oliveira, M. A., & Lobo, E. A. (2015). Spatial Response of Epilithic Diatom Communities to Downstream Nutrient Increases. *Water Environment Research*, 87(6), 547–558. <https://doi.org/10.2175/106143014X14062131178196>

Steinitz-Kannan, M. (1997). The Lakes in Andean Protected Areas of Ecuador. *The George Wright FORUM*, 14, 33–42. Retrieved from <http://www.georgewright.org/143kannan.pdf>

## 8. Índice de Tablas

Tabla 2: clasificación IQA-Data .....	22
Tabla 3: Relación del índice trófico con la calidad de agua .....	23
Tabla 4: Rango de clasificación Índice de Shannon-Wiener .....	24
Tabla 5: Evaluación de parámetros en base al TULSMA.....	31
Tabla 6: resultados IQA-Data .....	32
Tabla 8: Resultados índices de Shannon-Wiener .....	33
Tabla 9: Resultados números de Hill .....	34
Tabla 10: Resultados índice de Hill (equitatividad) .....	34
Tabla 11: Clasificación trófica ríos de Limoncocha .....	35
Tabla 12: Especies indicadoras del P1, P2 y P5 de la Reserva Biológica de Limoncocha.....	37
Tabla 13: Especies indicadoras P3 .....	38
Tabla 14: Especies indicadoras P4 .....	39

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

**9. Índice de figuras**

Fig 1: Mapa de puntos de muestreo Reserva Biológica de Limoncocha .....19

Fig 2: Variación de temperatura en los ríos de Limoncocha.....25

Fig 3: Variación de pH en los ríos de Limoncocha.....26

Fig 4: Variación de conductividad en los ríos de Limoncocha .....26

Fig 5: Variación de Oxígeno disuelto en los ríos de Limoncocha .....27

Fig 6: Variación de Turbidez en los ríos de Limoncocha .....28

Fig 7: Variación de sólidos disueltos en los ríos de Limoncocha .....29

Fig 8: Variación de Nitratos en los ríos de Limoncocha.....29

Fig 9: Variación de fosfatos en los ríos de Limoncocha.....30

Fig 10: Variación de coliformes totales en los ríos de Limoncocha .....31

Fig 11: Gráfico de resultados IQA-Data de los ríos de Limoncocha .....32

Fig 12: análisis clúster ausencia-presencia.....36

Fig 13: análisis clúster parámetros fisicoquímicos.....37

**10. Anexos**

**ANEXO 1: Parámetros Fisicoquímicos**

Puntos		T (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/L)	Sólidos Disueltos	Coliformes (UFC)	
Diciembre	Jibino	P1 D	24.67	7.74	104.5	6.63	0.4	0.2	0	0	41
	Napo	P2 D	25	7.97	78.4	7.25	9.45	1.3	0.02	0.0081	11
	Playayacu	P3 D	25.82	7.49	116.3	5	3.31	1.1	0.51	0.0096	19
	Pishira	P4 D	25.5	8.2	98.5	5.1	6.5	0.7	0.57	0.0129	15
	Blanco	P5 D	26.4	7.96	123.5	6.4	3.96	0.8	0	0.0125	23
Enero	Jibino	P1 E	24.4	7.28	85.9	6.59	2.31	0.0128	0.8	0.0044	38
	Napo	P2 E	24	7.39	86.8	7.8	1.48	0.0195	0.48	0.0162	6
	Playayacu	P3 E	26.3	6.15	110.5	6.72	2.01	0.0201	0.32	0.0136	22
	Pishira	P4 E	25.1	6.65	67.2	5.99	1.92	0.223	0.29	0.0061	19
	Blanco	P5 E	24.8	7.26	110	6.18	1.77	0.035	0.72	0.01	52
Febrero	Jibino	P1 F	26.6	7.49	135.5	6.82	10.2	0.41	0.38	0.0004	22
	Napo	P2 F	24.4	7.26	70	7.25	17	0.9	0.2	0.0002	14
	Playayacu	P3 F	26.1	7.37	128	6.26	1.4	0.14	0.49	0.0038	11

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”**

	Pishira	P4 F	24.9	7.18	132.7	4.36	1.75	0.5	0.2	0.0002	5
	Blanco	P5 F	25.4	7.67	155.2	6.69	4.15	0.36	0.56	0.0106	7
Marzo	Jibino	P1 M	16.7	7.69	114.9	6.44	9.58	0.5	0.39	0.0002	61
	Napo	P2 M	27.3	7.68	91.2	7.09	12	0.46	0.47	0.001	9
	Playayacu	P3 M	26	7.21	120.2	5.88	2.14	0.5	0.39	0.0007	19
	Pishira	P4 M	26	7.21	106.6	4.65	2	0.29	0.25	0.0021	24
	Blanco	P5 M	23.3	7.56	150.4	6.27	2.33	0.31	0.6	0.0005	14
	Jibino	P1 J	25.2	6.84	113.8	6.6	7.71	0.32	0.51	0.0011	43
Junio	Napo	P2 J	23.4	6.83	80.1	7.39	15.2	0.22	0.2	0.0003	10
	Playayacu	P3 J	24.7	6.5	120.6	5.54	2	0.23	0.55	0.0034	21
	Pishira	P4 J	24.2	6.53	84.7	5.6	2.03	0.12	0.34	0.0001	12
	Blanco	P5 J	24.6	6.93	77	6.36	4.5	0.21	0.21	0.0037	10
	Jibino	P1 S	26.9	6.91	138.3	6.422	4.88	0.73	0.48	0.0005	55
Septiembre	Napo	P2 S	26.9	6.89	114.4	7.12	2.99	0.81	1.79	0.001	16
	Playayacu	P3 S	25.5	6.91	138.3	6.42	17	0.39	0.57	0.0007	32
	Pishira	P4 S	24.9	6.87	128.5	5.42	1.18	0.14	0.23	0.0043	15
	Blanco	P5 S	25.2	6.64	151.2	6.51	1.59	0.47	1	0.006	24
	Jibino	P1 O	26.4	7.11	135.4	6.7	5.83	0.13	0.53	0.0101	41
Octubre	Napo	P2 O	26.2	6.56	76	7.19	20.9	0.26	0.08	0.0023	23
	Playayacu	P3 O	25.7	6.49	135.4	4.77	6.13	0.3	0.4	0.0078	52
	Pishira	P4 O	25.6	6.48	122.9	3.29	2.96	0.1	0.75	0.0012	27
	Blanco	P5 O	25.1	7.05	137.8	6.36	6.51	0.08	0.48	0.0004	44

**ANEXO 2: Índices trófico**

**Punto 1 Jivino**

	Especies Representativas	h	IDG		
			S	V	
1	<i>Achnanthes paraexigua</i>	APRX	116	4.5	2.1
2	<i>Achnanthidium exigum</i>	ADEG	95	4.5	2.1
3	<i>Aulacoseria italica</i>	AUIT	76	3.8	1.4
4	<i>Diadlesmis confervacea</i>	DCTG	154	3.3	2
5	<i>Diadlesmis contenta</i>	DCOT	69	3.3	2
6	<i>Diadlesmis subtropica</i>	DDST	76	3.3	2
7	<i>Gomphonema bourbonense</i>	GBOB	47	3.6	1.9
8	<i>Gomphonema cf.angustatum</i>		38	3.6	1.2
9	<i>Gomphonema exilissimum</i>	GEXL	40	3.6	1.9
10	<i>Gomphonema lagenula</i>	GLGN	100	3.6	1.9
11	<i>Gomphonema lingulatiformis</i>	GLIG	51	3.6	1.9
12	<i>Luticola aequatorialis</i>	LAEQ	35	2.9	2.1
13	<i>Luticola goeppertiana</i>	LGOT	36	2.9	2.1

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMÉAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

14	<i>Navicula cryptocephala</i>	<b>NCRY</b>	87	3.4	1.9
15	<i>Navicula cryptotenella</i>	<b>NCTE</b>	36	3.4	1.9
16	<i>Navicula radiosa</i>	<b>NRAD</b>	39	3.4	1.9
17	<i>Navicula rostellata</i>	<b>NROS</b>	45	3.4	1.9
18	<i>Naviculadicta nanogomphonema</i>	<b>NNGO</b>	56	3.4	1.9
19	<i>Nitzschia amphibia</i>	<b>NATG</b>	133	1	2.3
20	<i>Nitzschia palea</i>	<b>NPTR</b>	59	1	2.3
21	<i>Nitzschia paleacea</i>	<b>NPAE</b>	58	1	2.3
22	<i>Nitzschia sp1</i>		43	1	2.3
23	<i>Nitzschia sp2</i>		93	1	2.3
24	<i>Pinnularia gibba</i>	<b>PGIB</b>	40	4.7	2.3
25	<i>Sellaphora saugerresii</i>	<b>SSGE</b>	321	2.8	1.7
26	<i>Stauroneis agrestis</i>	<b>STAG</b>	84	3.7	2.1

**Punto 2 Napo**

	Especies Representativas	h	IDG		
			S	V	
1	<i>Achnanthes paraexigua</i>	<b>APRX</b>	39	4.5	2.1
2	<i>Aulacoseira granulata</i>	<b>AUGR</b>	38	3.8	1.4
3	<i>Aulacoseira granulata var. angustissima</i>	<b>AUGA</b>	55	3.8	1.4
4	<i>Aulacoseria italica</i>	<b>AUIT</b>	238	3.8	1.4
5	<i>Diadsmis lacunosa</i>	<b>DLAC</b>	229	3.3	2
6	<i>Diadsmis subtropica</i>	<b>DDST</b>	55	3.3	2
7	<i>Gomphonema bourbonense</i>	<b>GBOB</b>	36	3.6	1.9
8	<i>Gomphonema pumilum var. elegans</i>	<b>GPEL</b>	44	3.6	1.9
9	<i>Gomphonema saprophilum</i>	<b>GSPP</b>	106	3.6	1.9
10	<i>Halamphora montana</i>	<b>HLMO</b>	84	2.6	2
11	<i>Luticola goeppertiana</i>	<b>LGOT</b>	83	2.9	2.1
12	<i>Luticola sp1</i>		94	2.9	2.1
13	<i>Navicula cryptocephala</i>	<b>NCRY</b>	87	3.4	1.9
14	<i>Navicula erifuga</i>	<b>NERI</b>	48	3.4	1.9
15	<i>Navicula radiosa</i>	<b>NRAD</b>	41	3.4	1.9
16	<i>Navicula rostellata</i>	<b>NROS</b>	49	3.4	1.9
17	<i>Nitzschia amphibia</i>	<b>NATG</b>	102	1	2.3
18	<i>Nitzschia palea</i>	<b>NPTR</b>	48	1	2.3
19	<i>Nitzschia sp5</i>		48	1	2.3
20	<i>Pinnularia sterrenburgii</i>	<b>PSTB</b>	39	4.7	2.3
21	<i>Pinnularia subcapitata var. elongata</i>	<b>PSEL</b>	40	4.7	2.3
22	<i>Sellaphora saugerresii</i>	<b>SSGE</b>	318	2.8	1.7

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

**Punto 3 Playayacu**

	Especies representativas		h	S	V
1	<i>Achnanthes paraexigua</i>	<b>APRX</b>	36	4.5	2.1
2	<i>Aulacoseira granulata var. angustissima</i>	<b>AUGA</b>	61	3.8	1.4
3	<i>Aulacoseria italica</i>	<b>AUIT</b>	358	3.8	1.4
4	<i>Diadasmus lacunosa</i>	<b>DLAC</b>	137	3.3	2
5	<i>Diadasmus subtropica</i>	<b>DDST</b>	230	3.3	2
6	<i>Gomphonema daphnoides</i>	<b>GDAP</b>	42	3.6	1.9
7	<i>Gomphonema lagenula</i>	<b>GLGN</b>	42	3.6	1.9
8	<i>Gomphonema pumulum var. elegans</i>	<b>GPEL</b>	32	3.6	1.9
9	<i>Halamphora montana</i>	<b>HLM O</b>	35	2.6	2
10	<i>Luticola goeppertiana</i>	<b>LGOT</b>	160	2.9	2.1
11	<i>Nitzschia amphibia</i>	<b>NATG</b>	58	1	2.3
12	<i>Nitzschia palea</i>	<b>NPTR</b>	57	1	2.3
13	<i>Sellaphora saugerresii</i>	<b>SSGE</b>	565	2.8	1.7
14	<i>Stauroneis agrestis</i>	<b>STAG</b>	70	3.7	2.1

**Punto 4 Pishira**

	Especies representativas		h	IDG	
				S	V
1	<i>Achnanthes paraexigua</i>	<b>APRX</b>	158	4.5	2.1
2	<i>Aulacoseira granulata var. angustissima</i>	<b>AUGA</b>	84	3.8	1.4
3	<i>Aulacoseria italica</i>	<b>AUIT</b>	46	3.8	1.4
4	<i>Diadasmus arcuatooides</i>	<b>DATO</b>	141	3.3	2
5	<i>Diadasmus confervacea</i>	<b>DCTG</b>	38	3.3	2
6	<i>Diadasmus lacunosa</i>	<b>DLAC</b>	110	3.3	2
7	<i>Diadasmus subtropica</i>	<b>DDST</b>	33	3.3	2
8	<i>Gomphonema gracile</i>	<b>GGRA</b>	36	3.6	1.9
9	<i>Gomphonema lagenula</i>	<b>GLGN</b>	46	3.6	1.9
10	<i>Gomphonema pumulum var. elegans</i>	<b>GPEL</b>	35	3.6	1.9
11	<i>Gomphonema subangustatum</i>	<b>GDBG</b>	31	3.6	1.9
12	<i>Luticola acidoclinata</i>	<b>LACD</b>	38	2.9	2.1
13	<i>Navicula cf. erifuga</i>		29	3.4	1.9
14	<i>Navicula cryptocephala</i>	<b>NCRY</b>	161	3.4	1.9
15	<i>Navicula lundii</i>	<b>NLUN</b>	64	3.4	1.9
16	<i>Navicula radiosa</i>	<b>NRAD</b>	127	3.4	1.9
17	<i>Navicula radiosafallax</i>	<b>NRFA</b>	120	3.4	1.9
18	<i>Nitzschia amphibia</i>	<b>NATG</b>	60	1	2.3
19	<i>Nitzschia linearis</i>	<b>NLIN</b>	38	1	2.3

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**

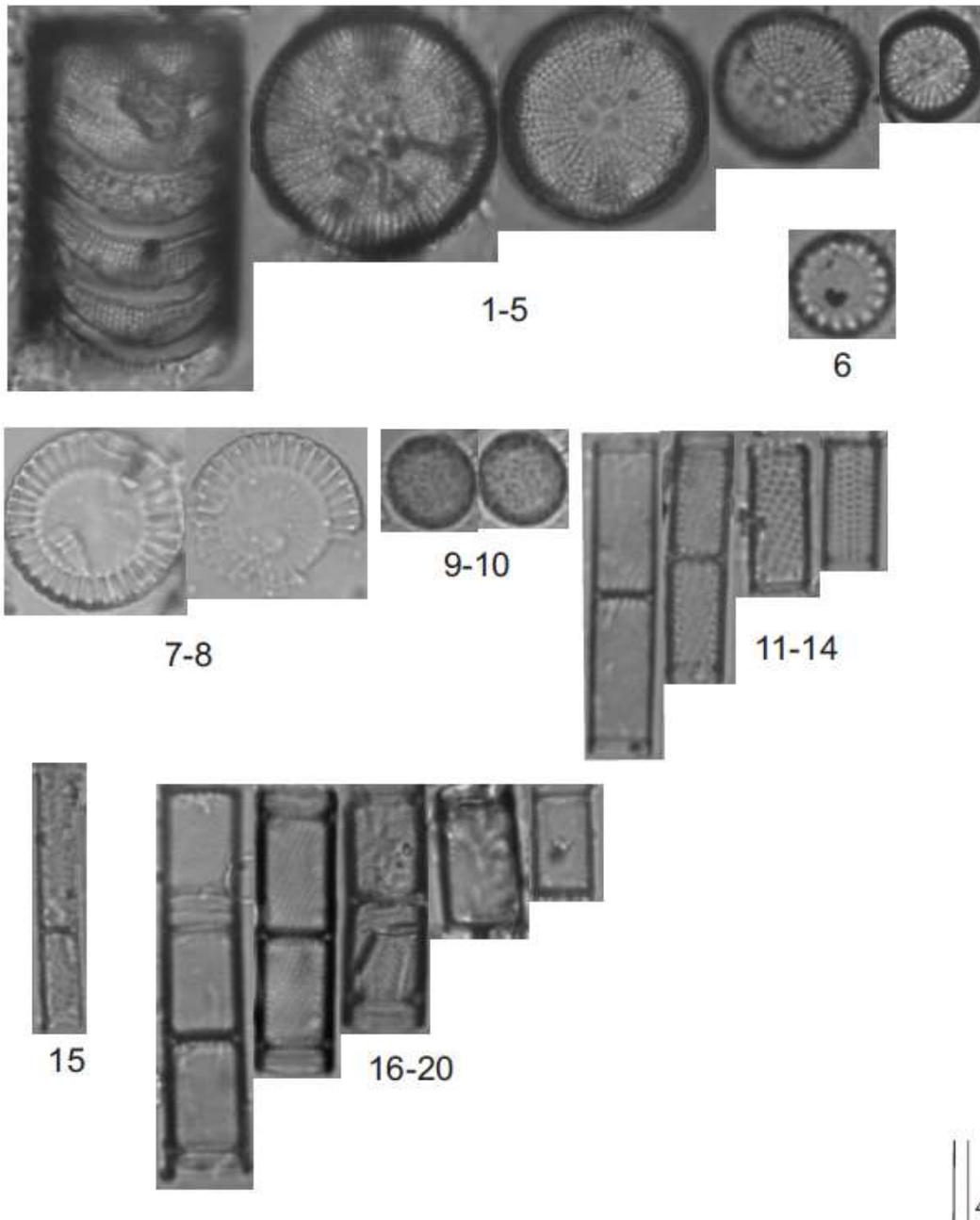
20	<i>Nupela praecipua</i>	<i>NUPR</i>	108	5	2
21	<i>Nupela sp1</i>		34	5	2
22	<i>Pinnularia gibba</i>	<i>PGIB</i>	31	4.7	2.3
23	<i>Placoneis paraelginensis</i>	<i>PPAE</i>	30	4.3	1.7
24	<i>Sellaphora laevissima</i>	<i>SLPH</i>	52	2.8	1.7
25	<i>Sellaphora saugerresii</i>	<i>SSGE</i>	185	2.8	1.7
26	<i>Stauroneis agrestis</i>	<i>STAG</i>	214	3.7	2.1
27	<i>Staurosira altiplanensis</i>	<i>SALT</i>	35	3.9	1

**Punto 5 Blanco**

			IDG		
	Especies Representativas	h	S	V	
1	<i>Achnanthes paraexigua</i>	<i>APRX</i>	113	4.5	2.1
2	<i>Diadsmis lacunosa</i>	<i>DLAC</i>	119	3.3	2
3	<i>Gomphonema cf. angustatum</i>		49	2.6	1.2
4	<i>Gomphonema lagenula</i>	<i>GLGN</i>	43	3.6	1.9
5	<i>Gomphonema pumilum var. elegans</i>	<i>GPEL</i>	114	3.6	1.9
6	<i>Gomphonema sp3</i>		56	3.6	1.2
7	<i>Halamphora montana</i>	<i>HLMO</i>	57	2.6	2
8	<i>Luticola acidoclinata</i>	<i>LACD</i>	37	2.9	2.1
9	<i>Navicula cryptocephala</i>	<i>NCRY</i>	164	3.4	1.9
10	<i>Navicula cryptotenella</i>	<i>NCTE</i>	55	3.4	1.9
11	<i>Navicula lundii</i>	<i>NLUN</i>	106	3.4	1.9
12	<i>Navicula radiosa</i>	<i>NRAD</i>	122	3.4	1.9
13	<i>Nitzschia amphibia</i>	<i>NATG</i>	98	1	2.3
14	<i>Nitzschia palea</i>	<i>NPTR</i>	83	1	2.3
15	<i>Platessa hustedtii</i>	<i>PLHU</i>	52	4	1
16	<i>Sellaphora laevissima</i>	<i>SLPH</i>	74	2.8	1.7
17	<i>Sellaphora saugerresii</i>	<i>SSGE</i>	566	2.8	1.7
18	<i>Stauroneis agrestis</i>	<i>STAG</i>	107	3.7	2.1

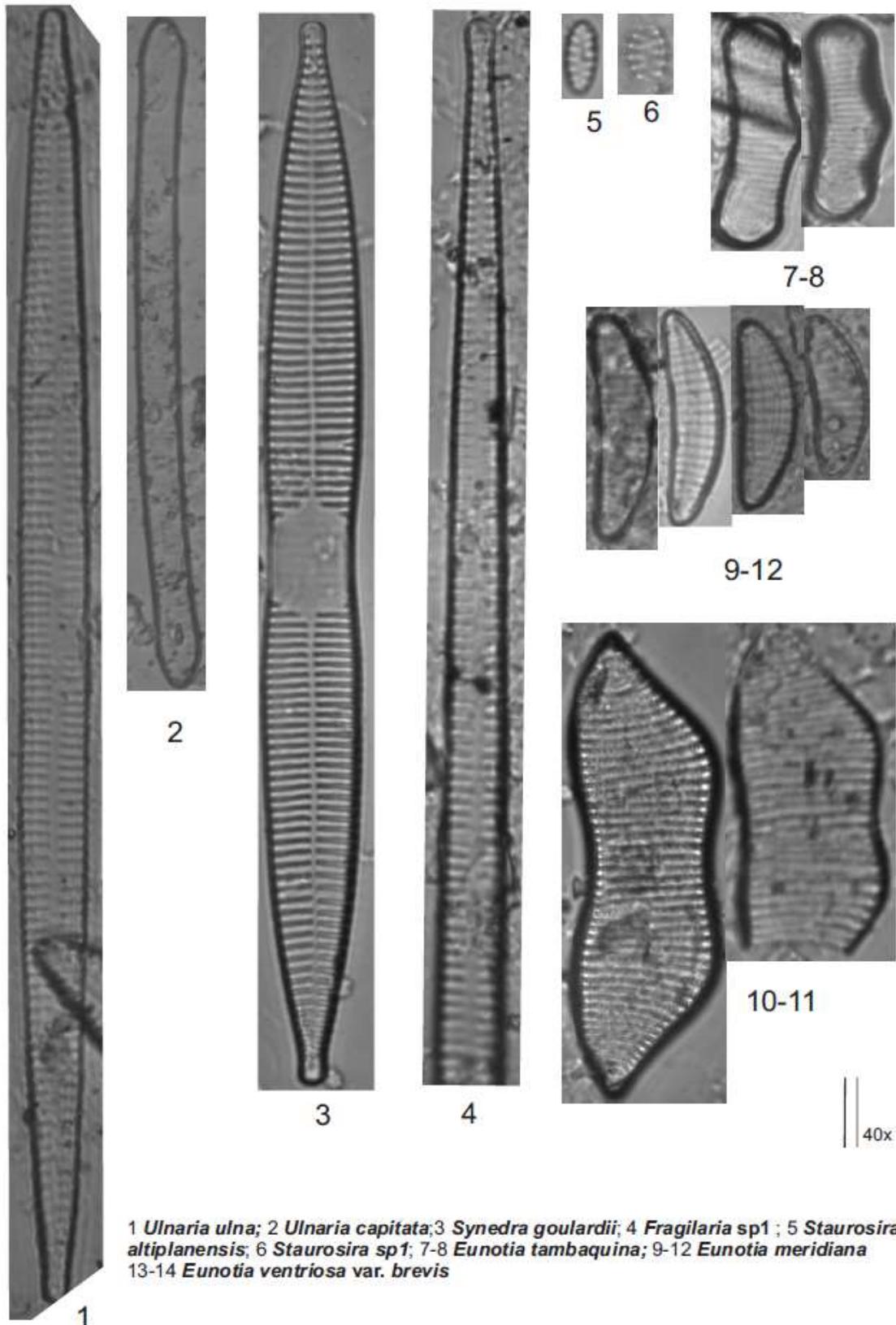
**ANEXO 3: Láminas Identificación Diatomeas**

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMESAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

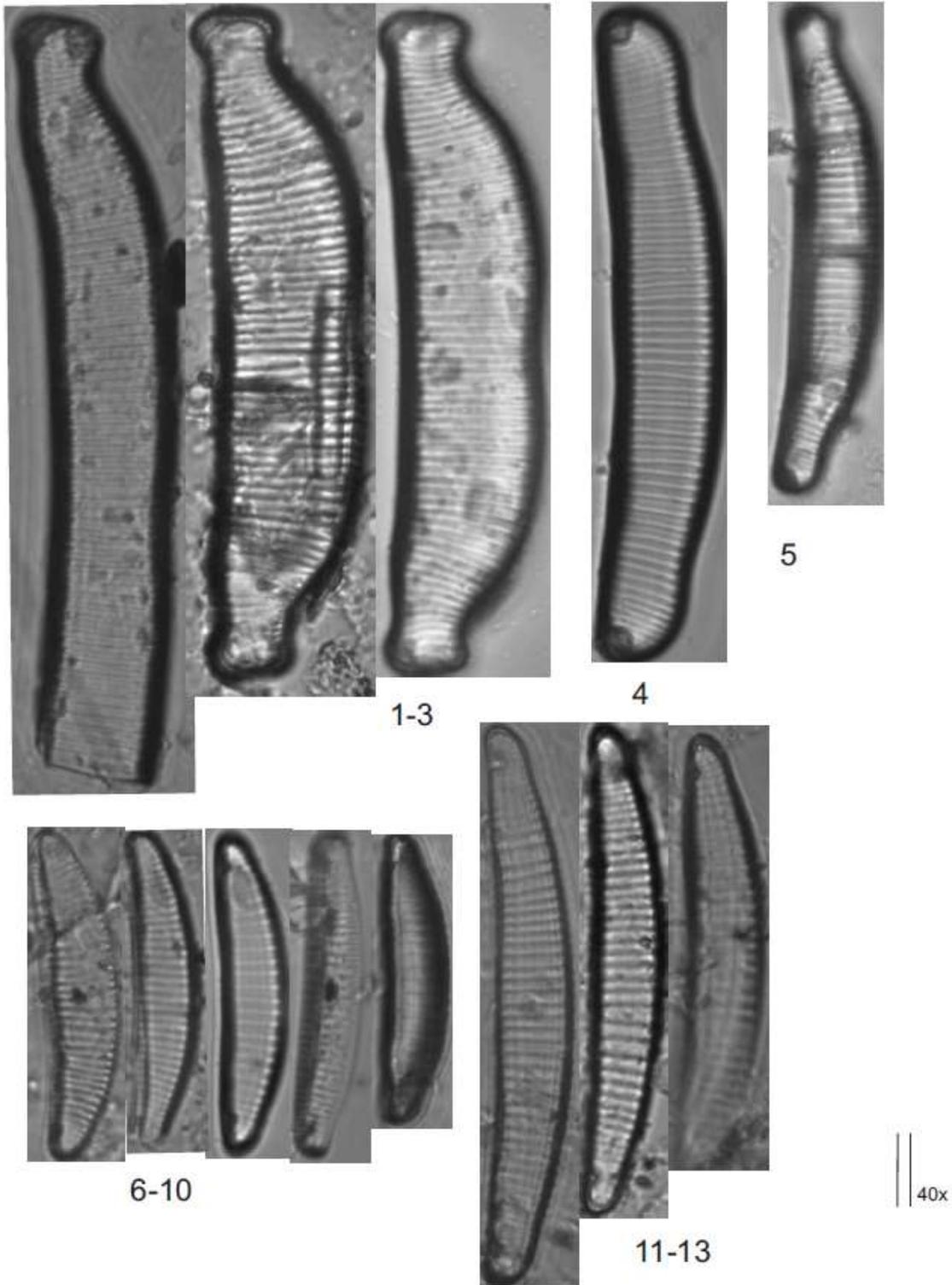


1-5 *Orthoseira roeseana*; 6 *Cyclotella atomus* var. *gracilis*; 7-8 *Cyclotella meneghiniana*  
9-10 *Melosira dickiei*; 11-14 *Aulacoseira granulata*;  
15 *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*; 16-20 *Aulacoseira italica*

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMES  
COMO BIOINDICADORES ”**

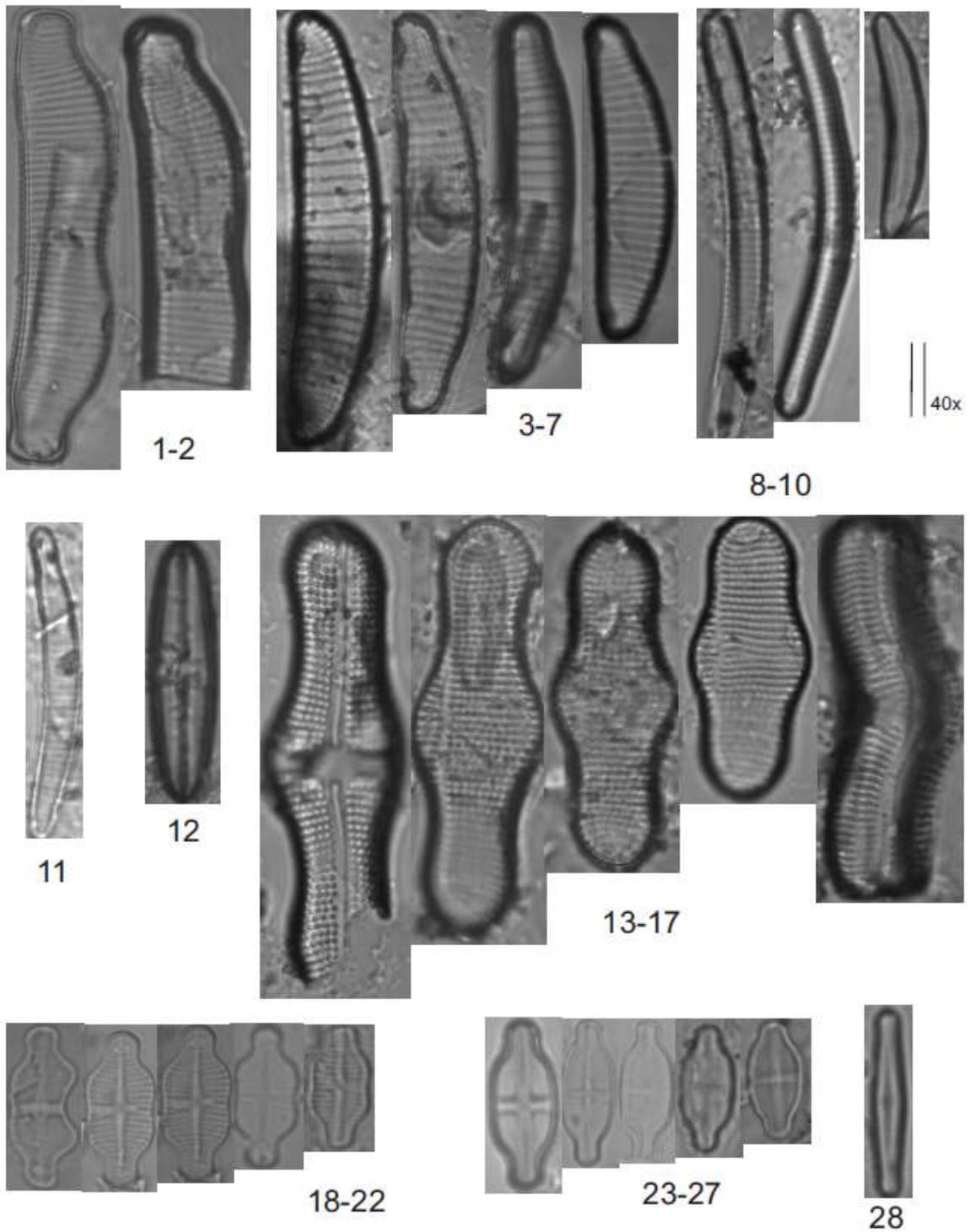


**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



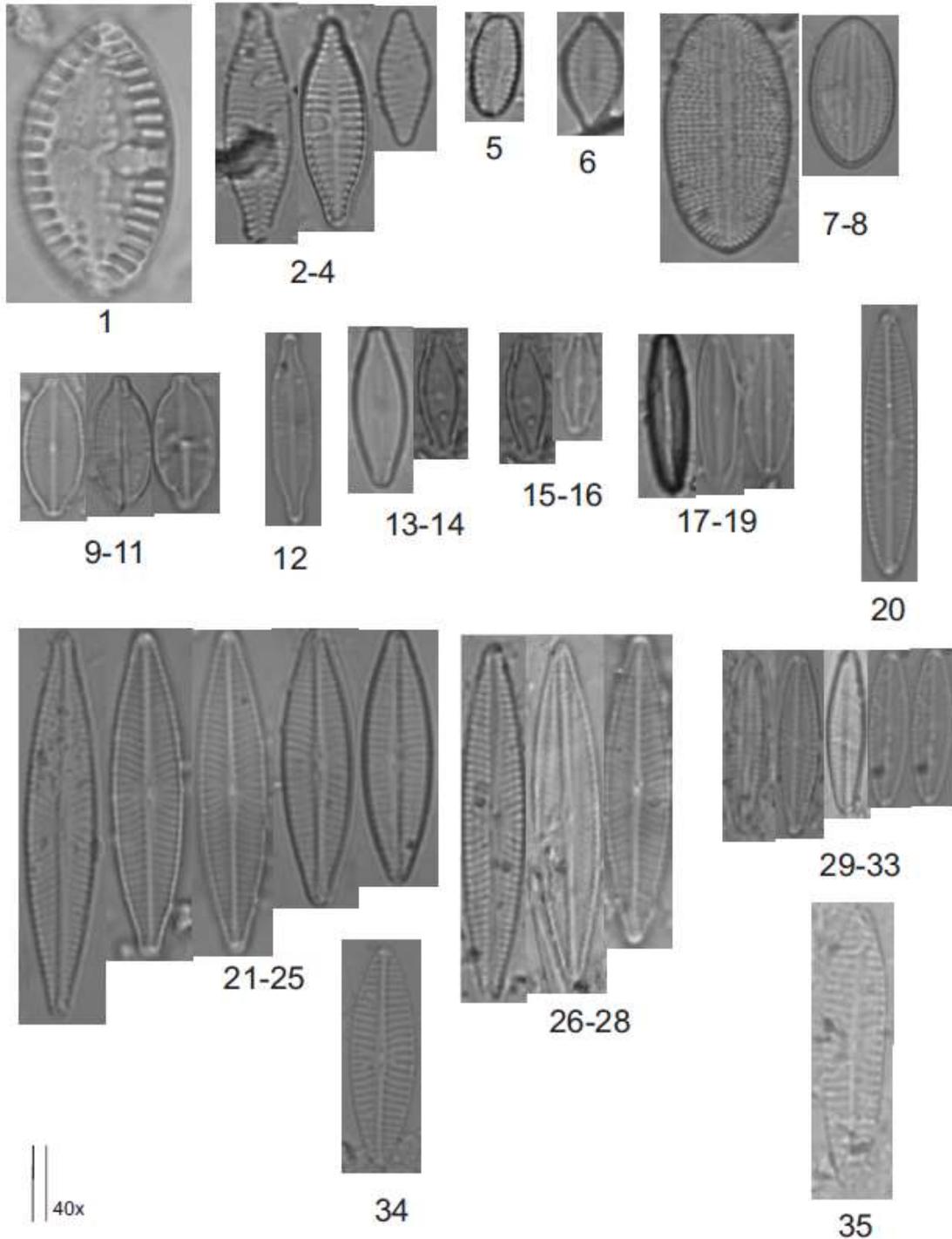
**1-3 *Eunotia superbidens*; 4 *Eunotia monodon*; 5 *Eunotia monodontiforma*; 6-10 *Eunotia sp2*; 11-13 *Eunotia sp1***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMESAS COMO BIOINDICADORES ”**



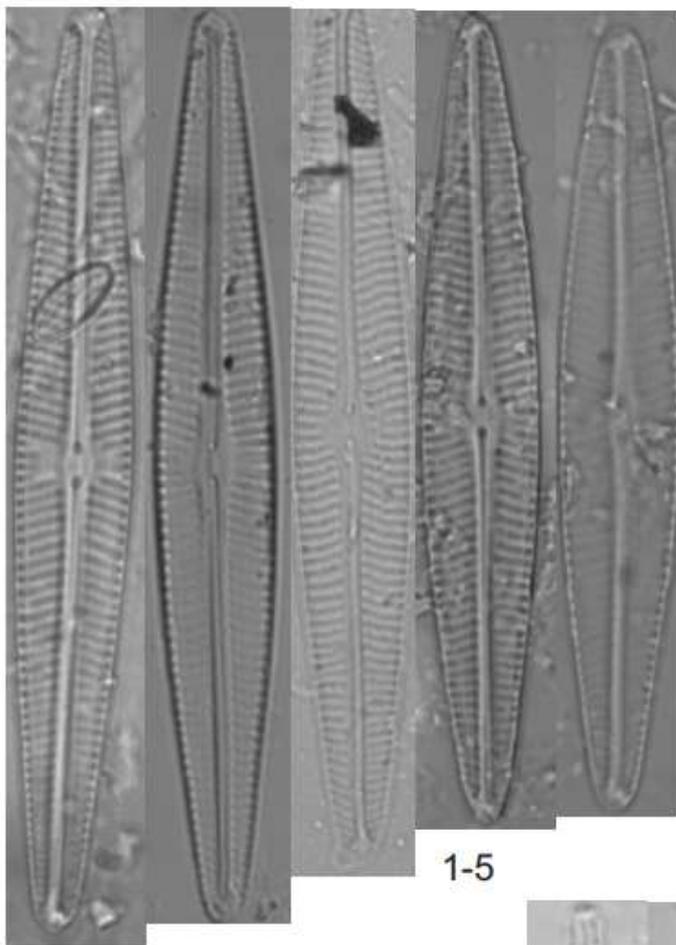
**1-2 *Eunotia bidens*; 3-7 *Eunotia sp3*; 8-10 *Eunotia bilunaris*; 11 *Eunotia sp4* ; 12 *Achnanthes spec. cf. convergens*; 13-17 *Achnanthes inflata*; 18-22 *Achnanthes paraexigua*; 23-27 *Achnantheidium exiguum*; 28 *Achnantheidium minutissimum***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMES  
COMO BIOINDICADORES ”**



1 *Planothidium lagerheimii*; 2-4 *Planothidium minutissimum*; 5 *Planothidium lanceolatum*; 6 *Planothidium sp1*; 7-8 *Cocconeis pediculus*; 9-11 *Naviculadicta nanogomphonema*; 12 *Nupela spec, cf, rumrichorum*; 13-14 *Nupela praecipua*; 15-16 *Nupela wellneri*; 17-19 *Nupela sp1*; 20 *Navicula cf. erifuga*; 21-25 *Navicula cryptocephala*; 26-28 *Navicula lundii* 29-33 *Navicula cryptotenella*; 34 *Navicula antonii*; 35 *Navicula lauca*

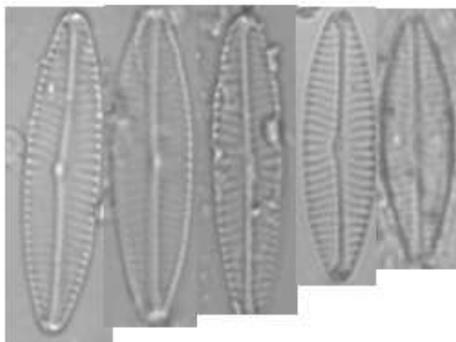
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



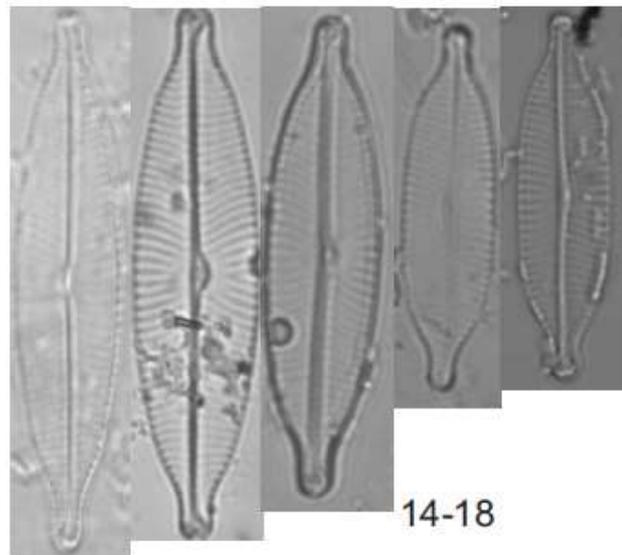
1-5



6-8



9-13



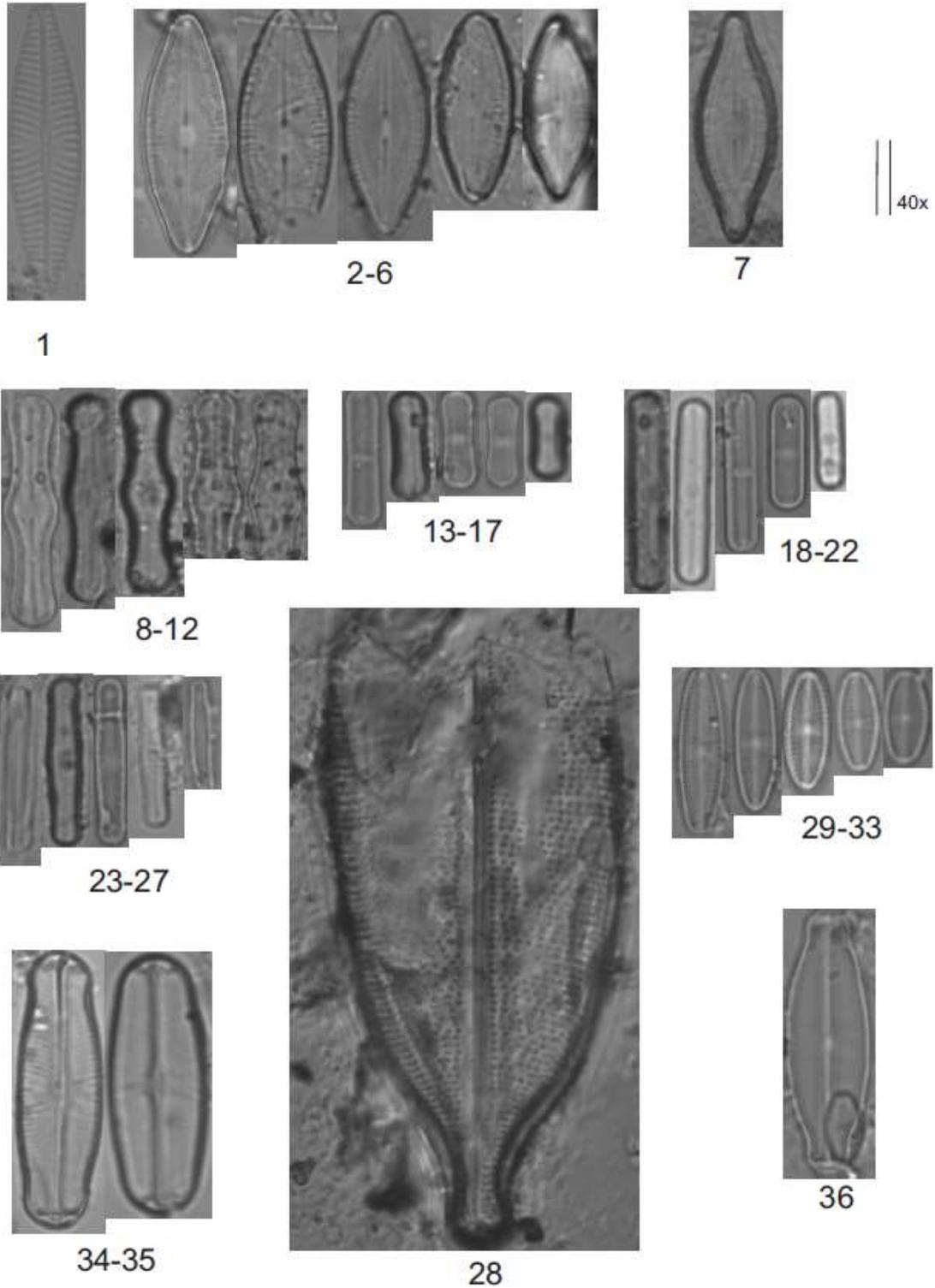
14-18



1-5 *Navicula radiosa*; 6-8 *Navicula radiosafallax*; 9-13 *Navicula erifuga*; 14-18 *Navicula rostellata*

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

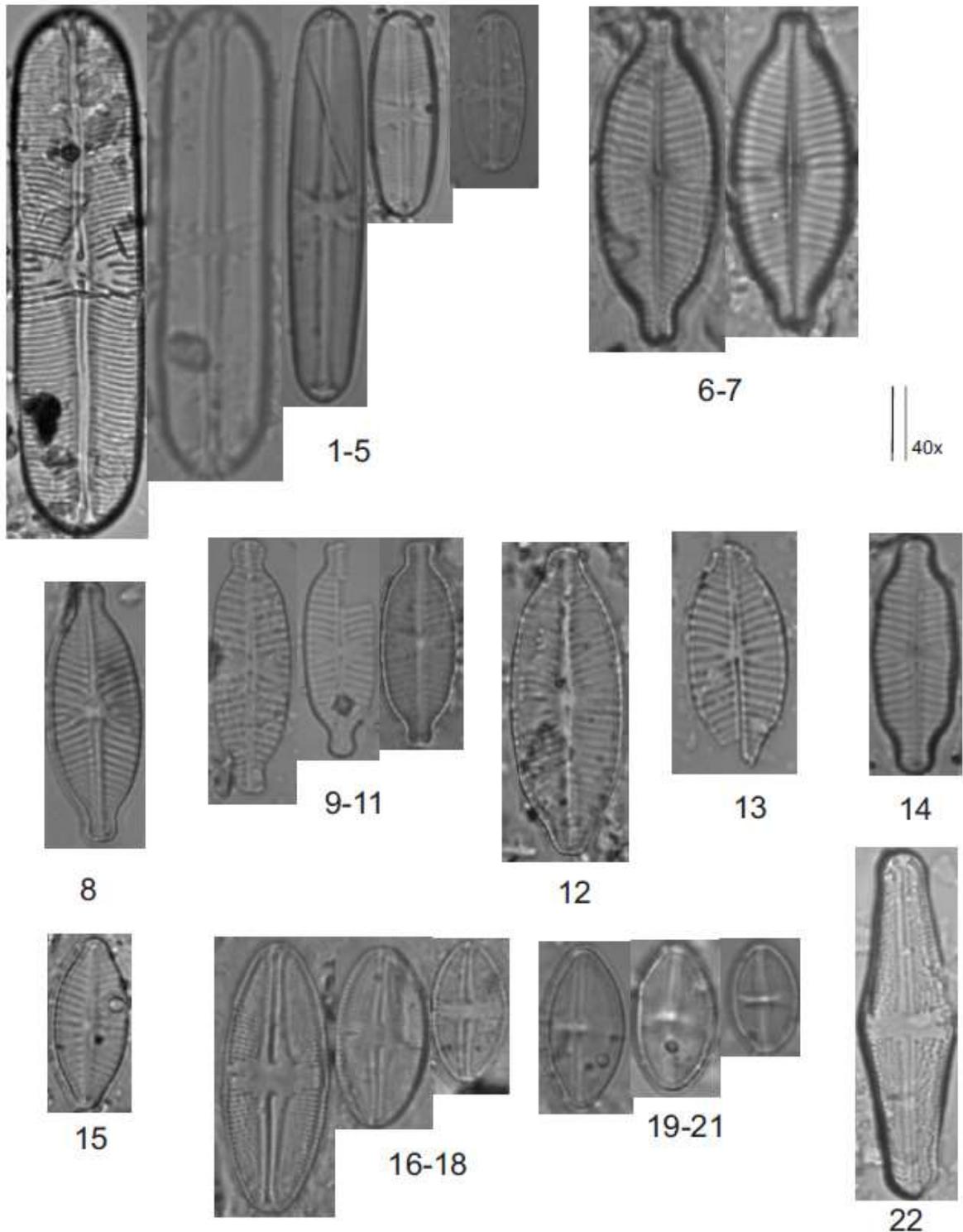
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



**1 *Navicula* sp1; 2-6 *Diadesmis confervacea*; 7 *Diadesmis confervacea* var. *rostrata*; 8-12 *Diadesmis arcuatooides*; 13-17 *Diadesmis contenta*; 18-22 *Diadesmis lacunosa*; 23-27 *Diadesmis subtropica*  
28 *Anomoeoneis sphaerophora*; 20-33 *Sellaphora saugerresii*; 34-35 *Sellaphora obesa*  
36 *Sellaphora pupula***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

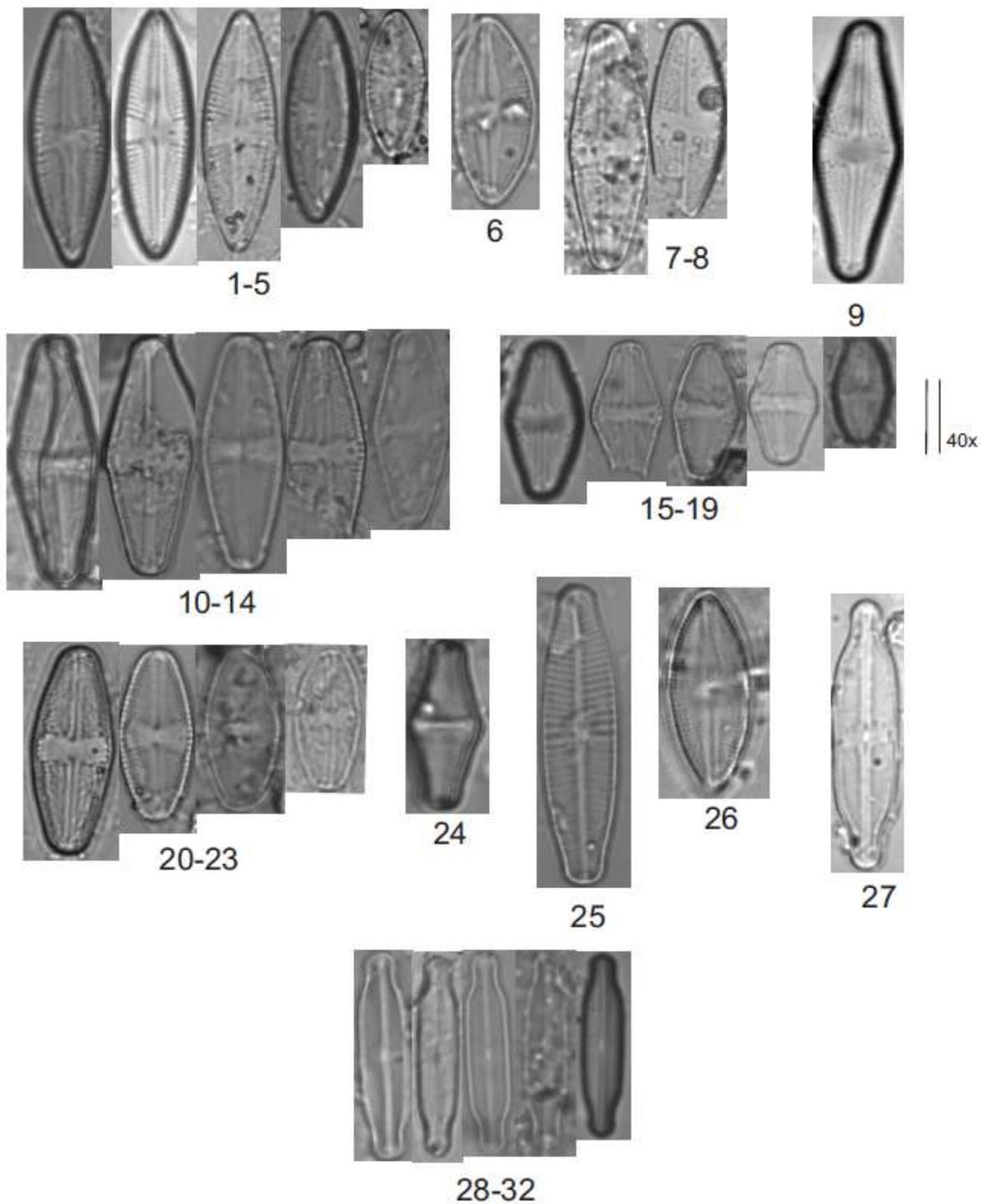
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



**1-5 *Sellaphora laevis*; 6-7 *Placoneis scharfii*; 8 *Placoneis molestissima*; 9-11 *Placoneis paraelginensis*; 12 *Placoneis* sp2; 13 *Placoneis* sp1; 14 *Placoneis* sp3; 15 *Placoneis* cf. *subtilis*; 16-18 *Luticola muticoides*; 19-21 *Luticola permuticoides*; 22 *Luticola lagerheimii***

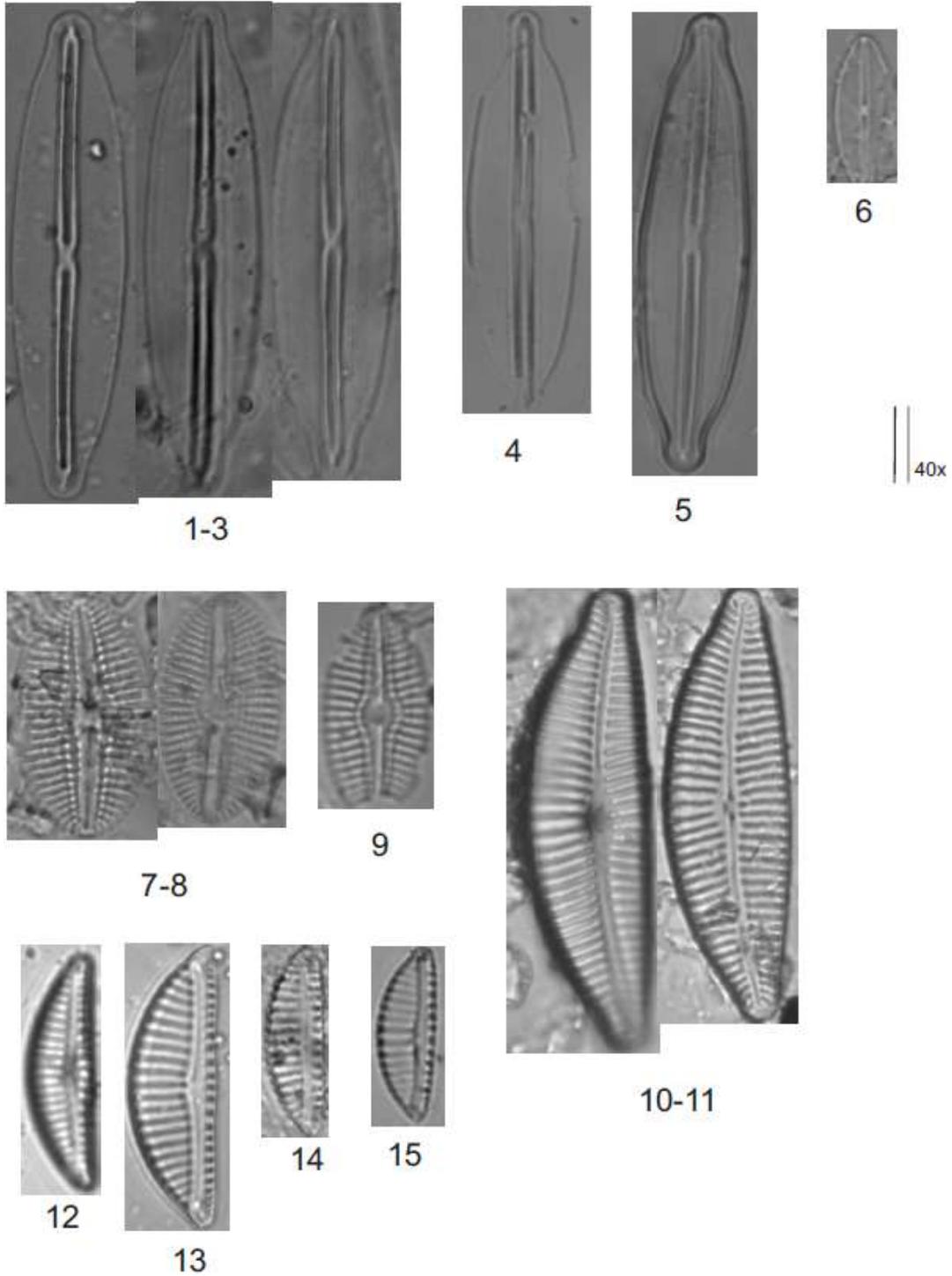
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMESAS COMO BIOINDICADORES ”**



1-5 *Luticola goeppertiana*; 6 *Luticola saxophila*; 7-8 *Luticola mutica*; 9 *Luticola intermedia*  
 10-14 *Luticola sp1* ; 15-19 *Luticola aequatorialis*; 20-23 *Luticola acidoclinata*; 24 *Luticola sp2*  
 25 *Geissleria schmidiae*; 26 *Cavinula sp1*; 27 *Stauroneis sp2*; 28-32 *Stauroneis agrestis*

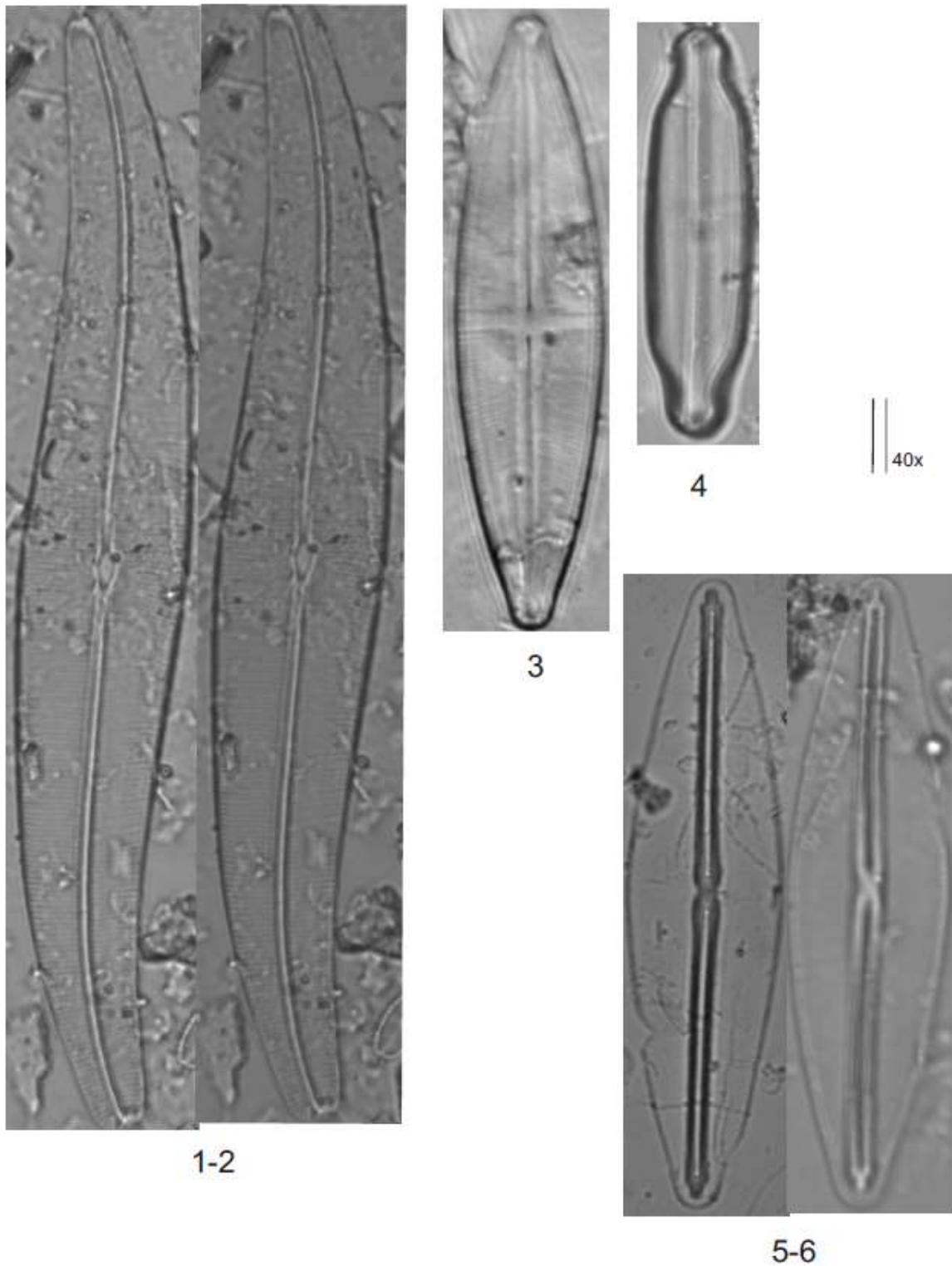
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMES  
COMO BIOINDICADORES ”**



1-3 *Frustulia pangea*; 4 *Frustulia sp1*; 5 *Frustulia guayanensis var. ecuadoriana*; 6 *Frustulia sp2*; 7-8 *Diploneis ovalis*; 9 *Diploneis elliptica*; 10-11 *Cymbella turgidula*; 12 *Encyonema minutiforme var. apicodeclinatum*; 13 *Encyonema melidense*; 14 *Encyonema aff. aueri*; 15 *Encyonema minutum*

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

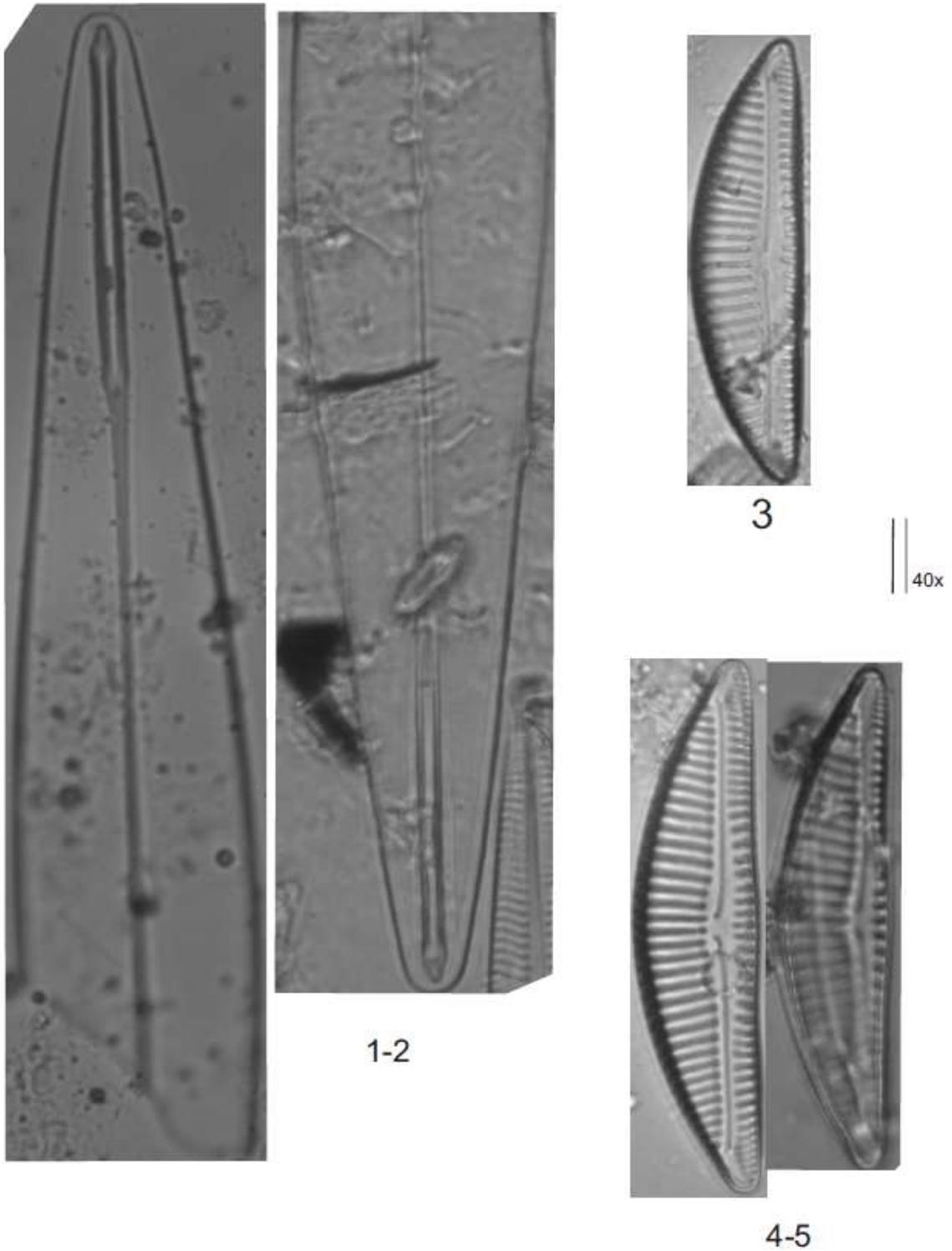
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



1-2 *Gyrosigma attenuatum*; 3 *Stauroneis hustedtii*; 4 *Stauroneis sp1*; 5-6 *Frustulia neofrenquellii*

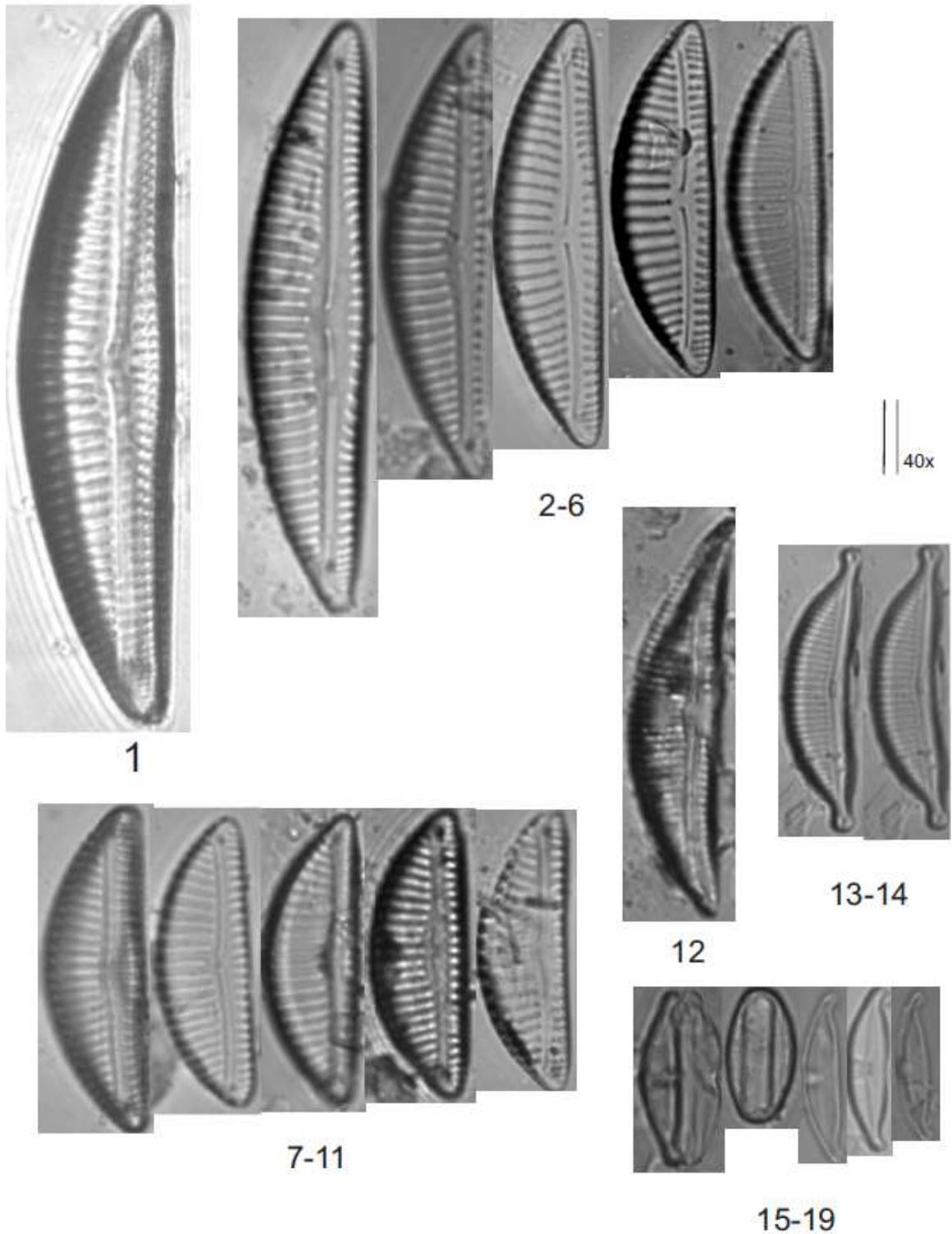
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



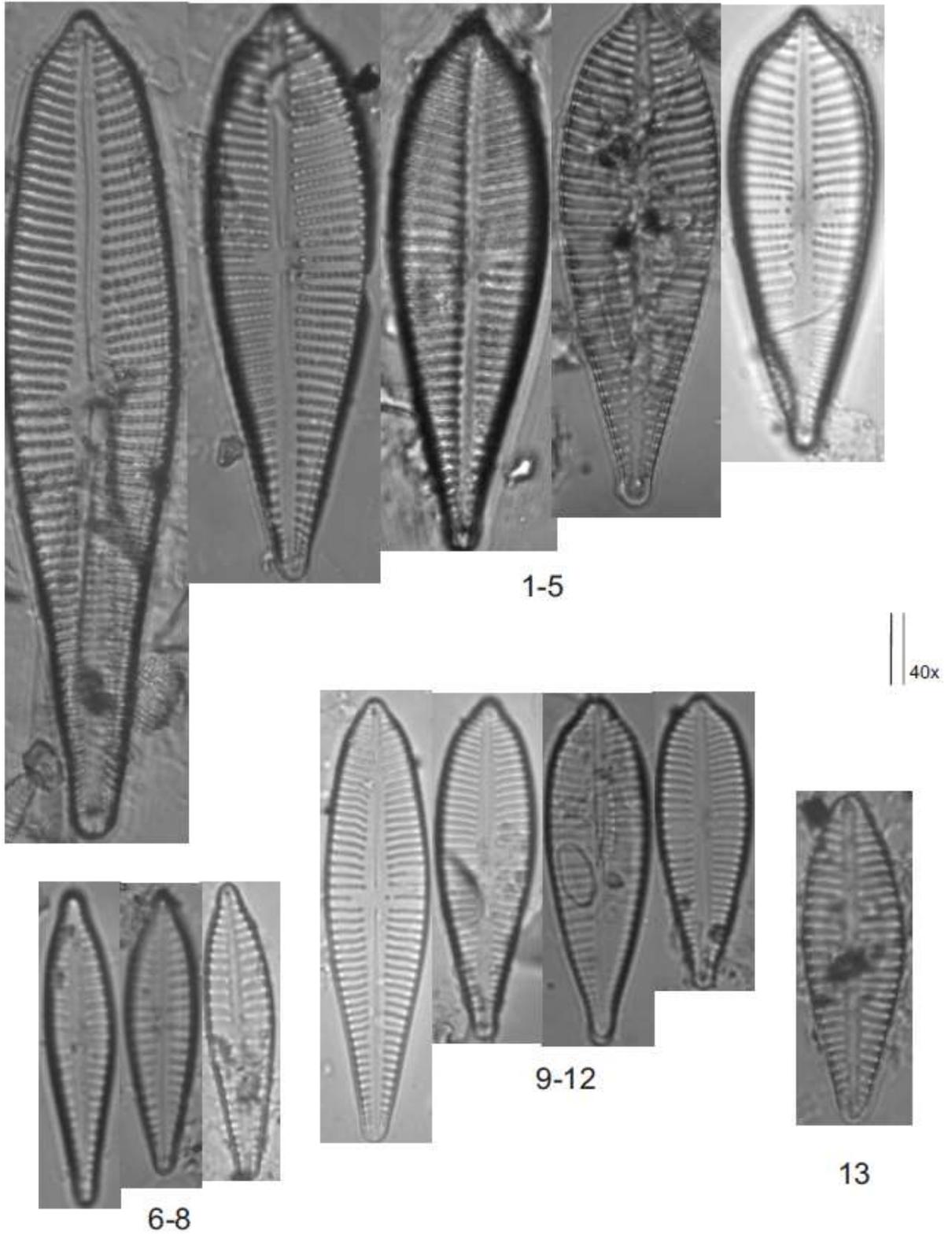
1-2 *Amphipleura linddheimeri*; 3 *Encyonema sp1*; 4-5 *Encyonema vulgare*

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



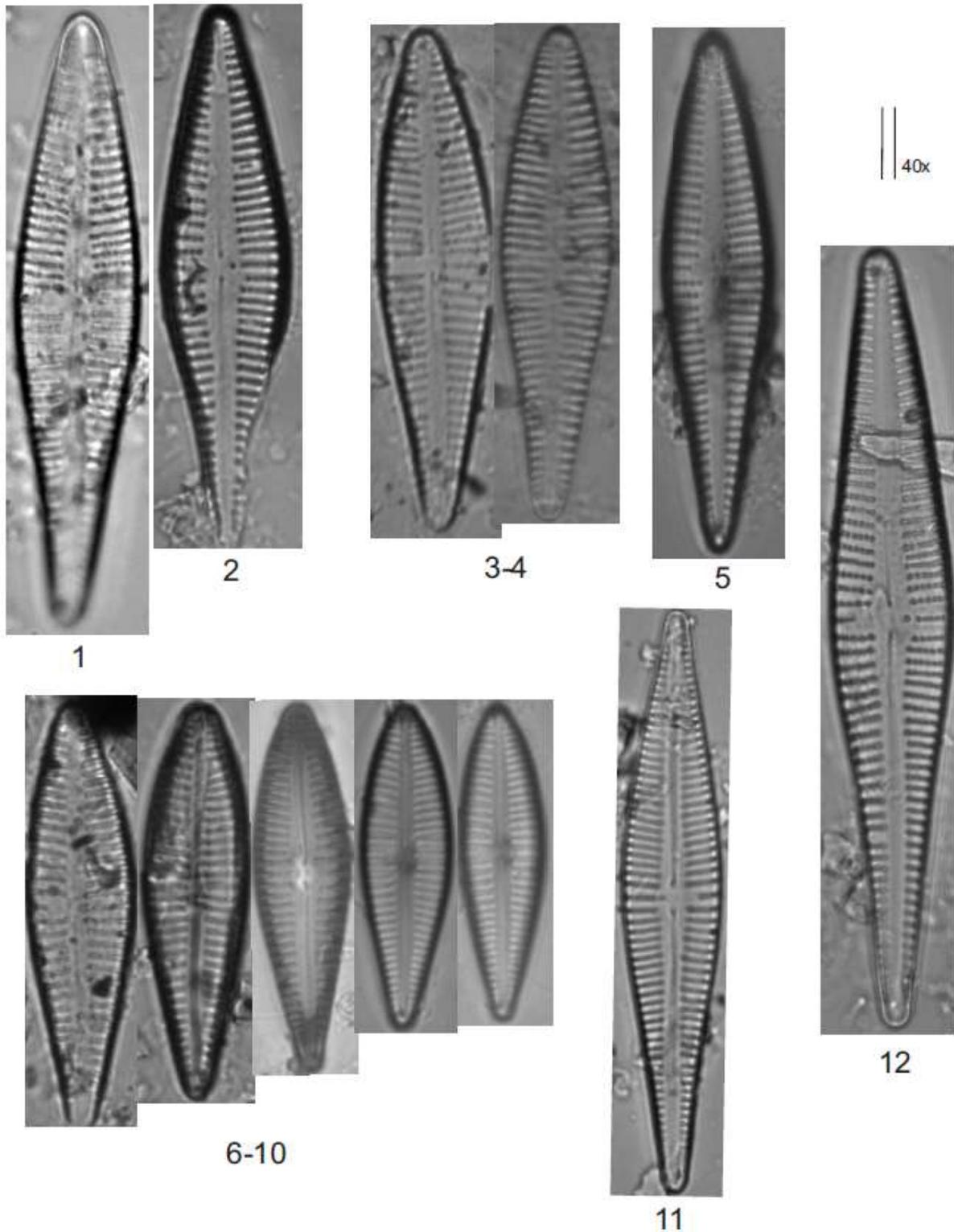
**1 *Encyonema gerstenbergeri*; 2-6 *Encyonema neomesianum*; 7-11 *Encyonema silesiacum* var. *distinstepunctata*; 12 *Amphora copulata*; 13-14 *Halamphora holsatica*; 15-19 *Halamphora montana***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



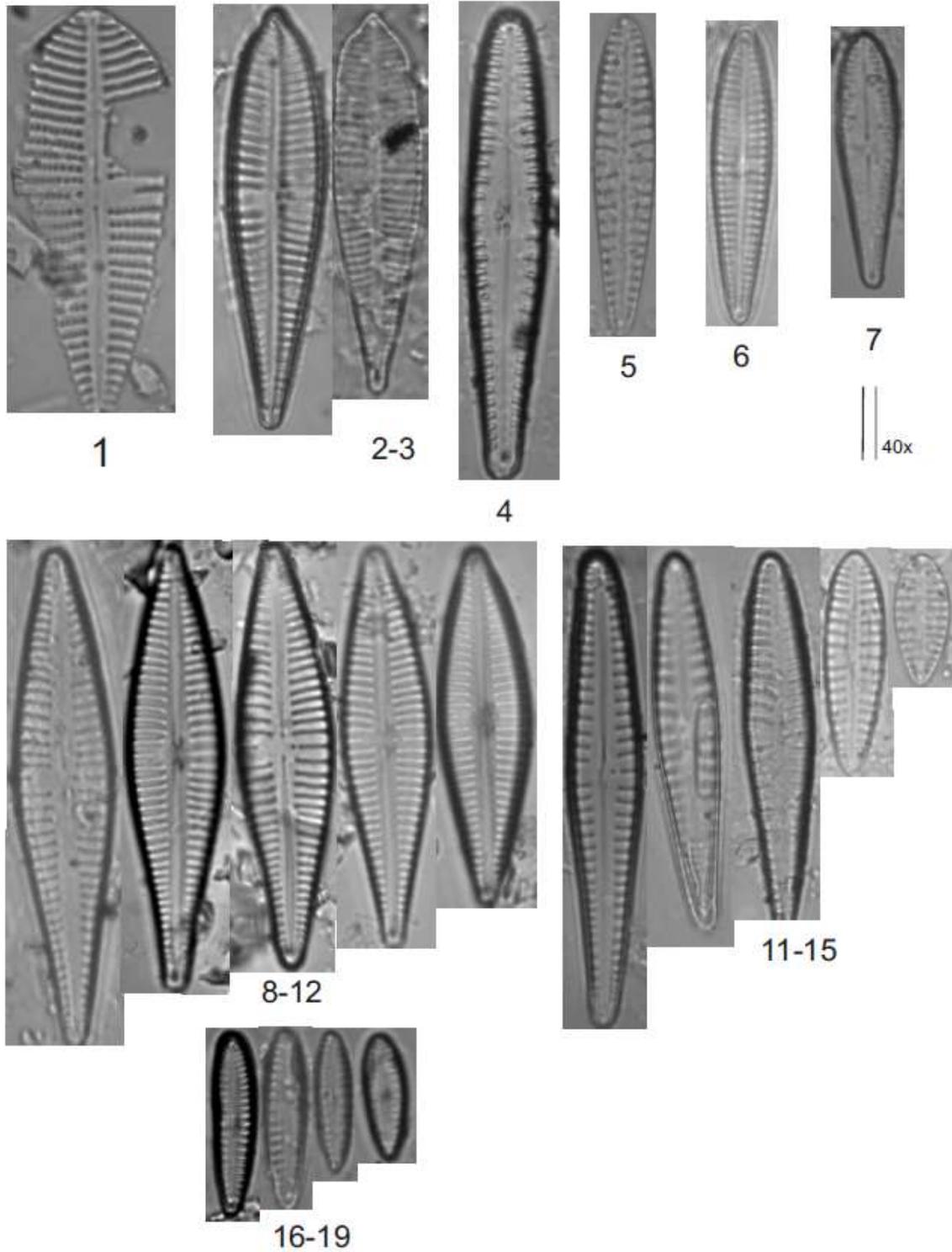
1-5 *Gomphonema turris* var. *coarctata*; 6-8 *Gomphonema subangustatum*; 9-12 *Gomphonema salae*  
13 *Gomphonema parvicapitatum*

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



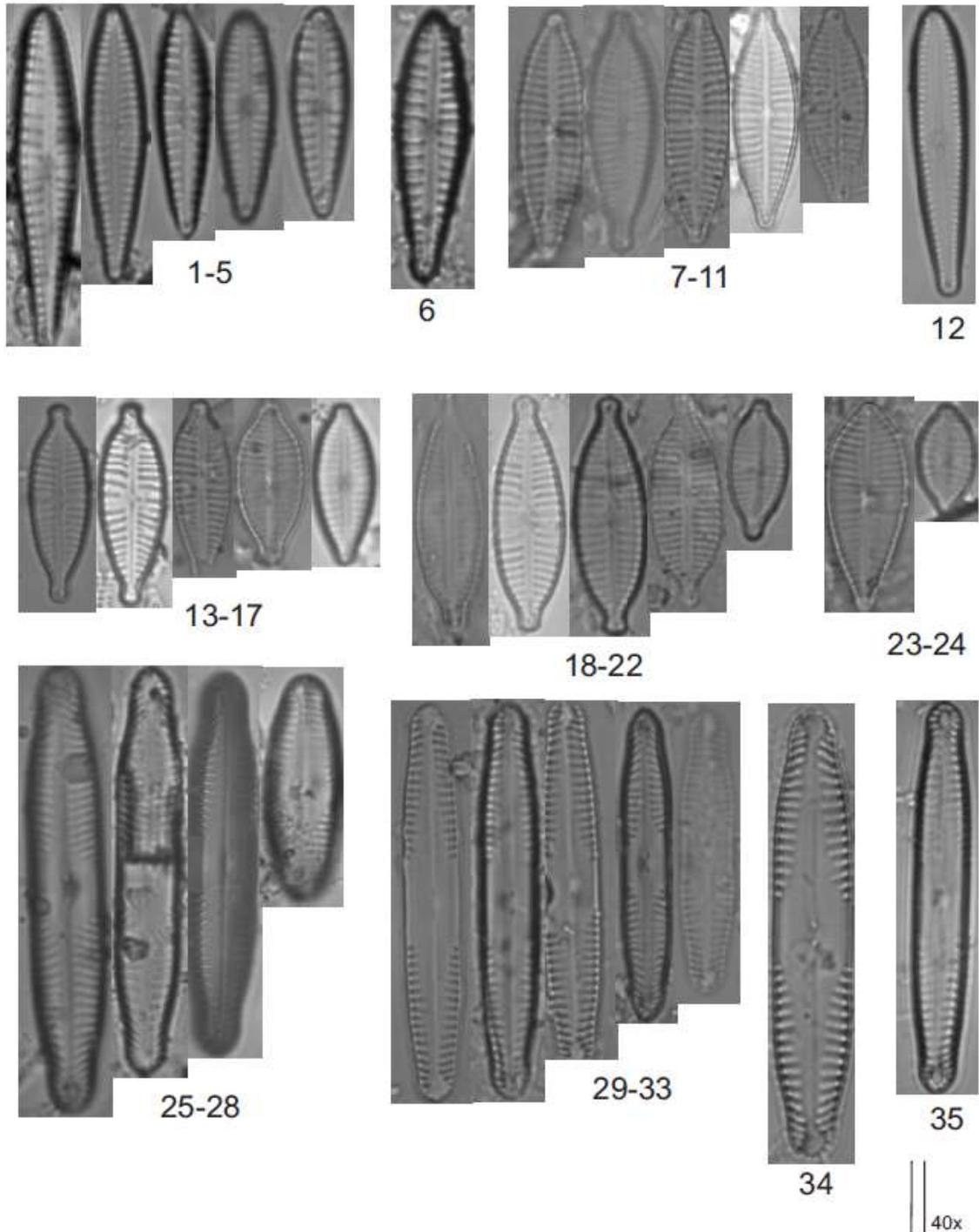
**1 *Gomphonema sp1*; 2 *Gomphonema sp2*; 3-4 *Gomphonema sp3*; 5 *Gomphonema sp4*; 6-10 *Gomphonema daphnoides*; 11 *Gomphonema guaraniarum*; 12 *Gomphonema affine var. elongatum***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES ”**



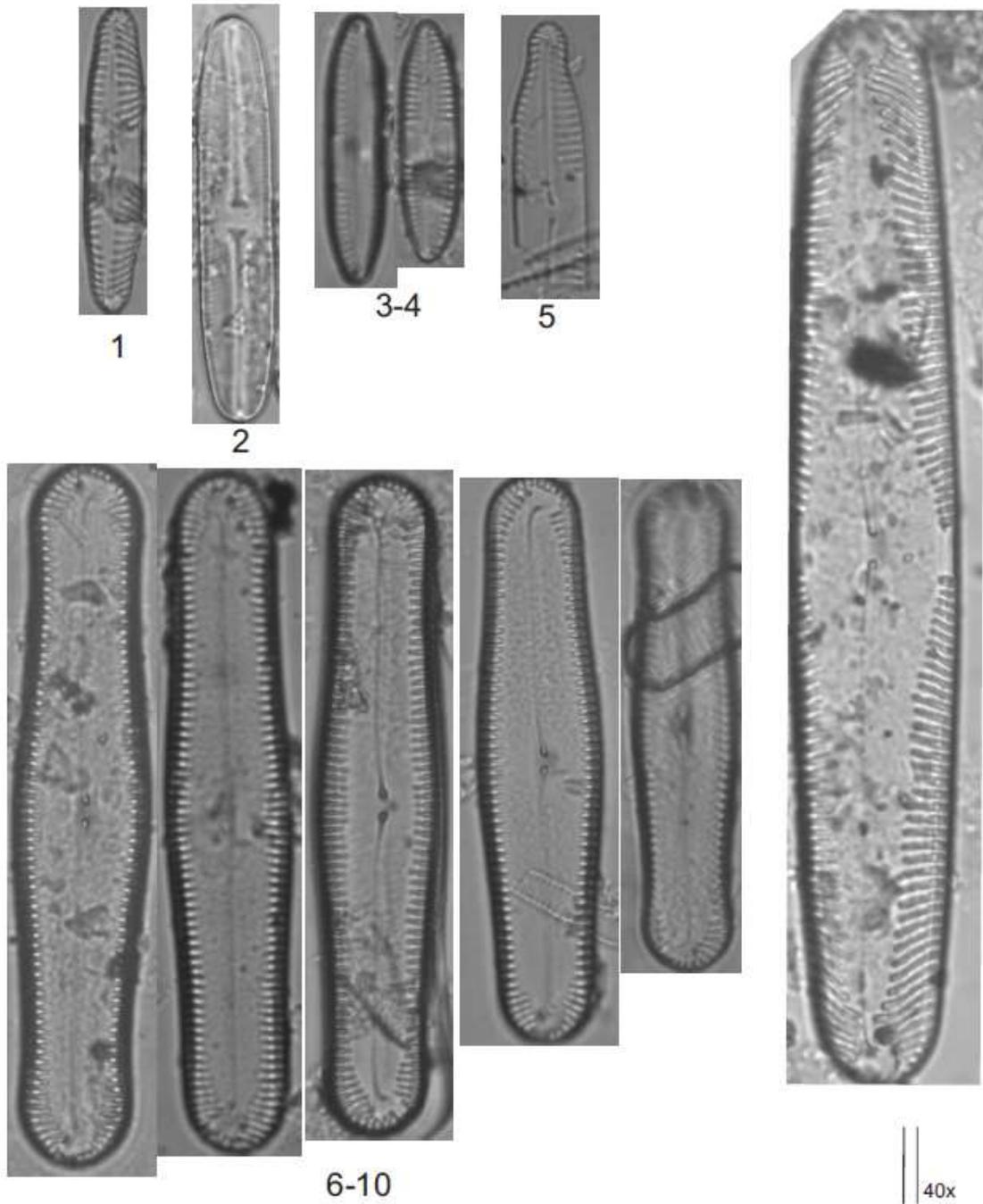
**1 *Gomphonema* aff. *pseudoagur*; 2-3 *Gomphonema* *neoapiculatum*; 4 *Gomphonema* *sp5*; 5 *Gomphonema* *sp6*; 6 *Gomphonema* *sp7*; 7 *Gomphonema* *lingulatifomis* 8-12 *Gomphonema* *gracile* 11-15 *Gomphonema* cf. *angustatum*; 16-19 *Gomphonema* *bourbonense***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



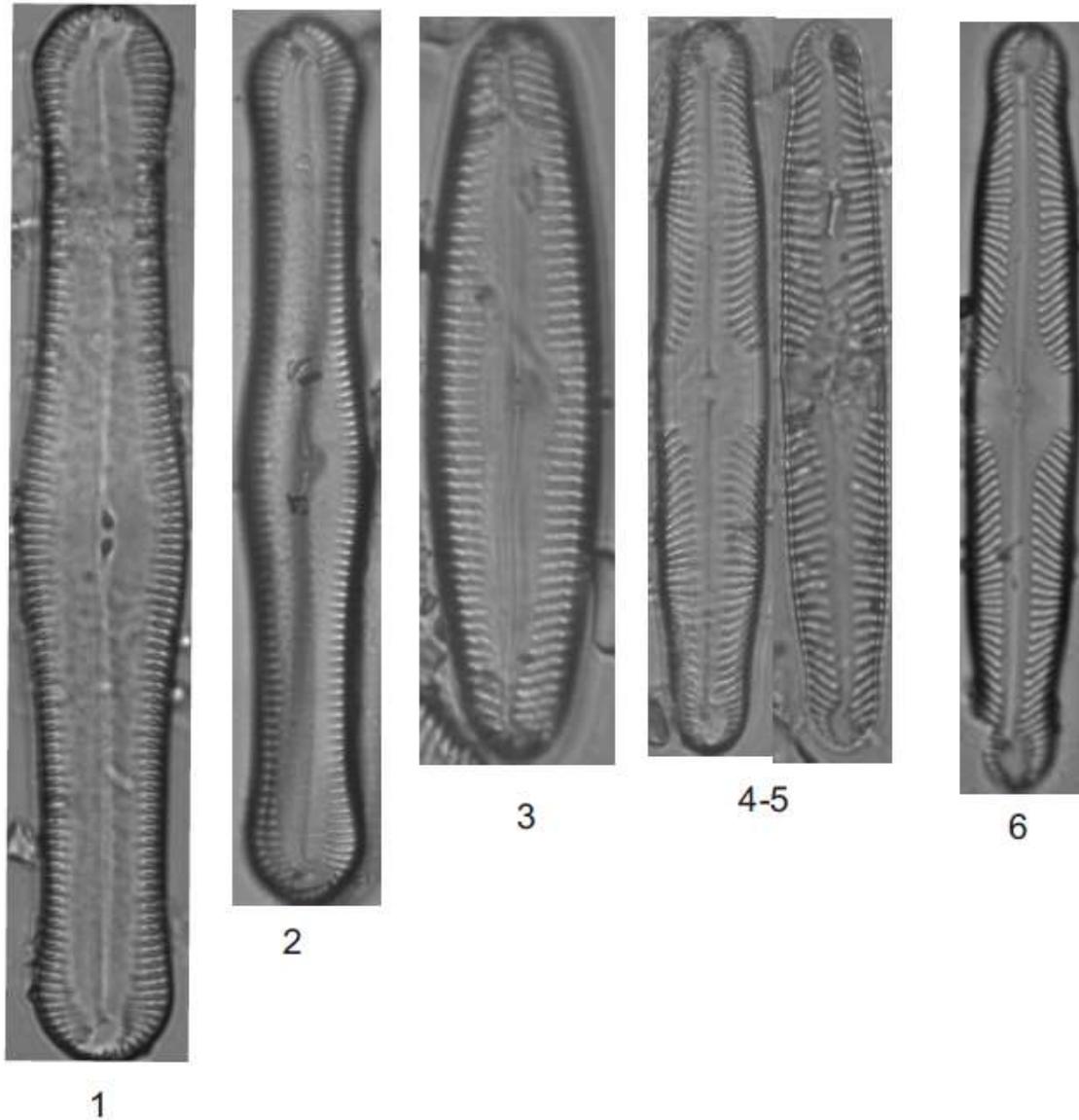
**1-5 *Gomphonema pumilum* var. *elegans*; 6 *Gomphonema insigniforme*; 7-11 *Gomphonema exilissimum*; 12 *Gomphonema brasiliense*; 13-17 *Gomphonema saprophilum*; 18-22 *Gomphonema lagenula*; 23-24 *Gomphonema parvulum*; 25-28 *Pinnularia microstauron* var. *rostrata*; 29-33 *Pinnularia subcapitata* var. *elongata*; 34 *Pinnularia saprophila*; 35 *Pinnularia tagliaventiae***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



**1 *Pinnularia microstauron* var. *angusta*; 2 *Pinnularia* sp2; 3-4 *Pinnularia nobilefasciata*; 5 *Pinnularia mesolepta*; 6-10 *Pinnularia sterrenburgii*; 11 *Pinnularia angustistriata***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

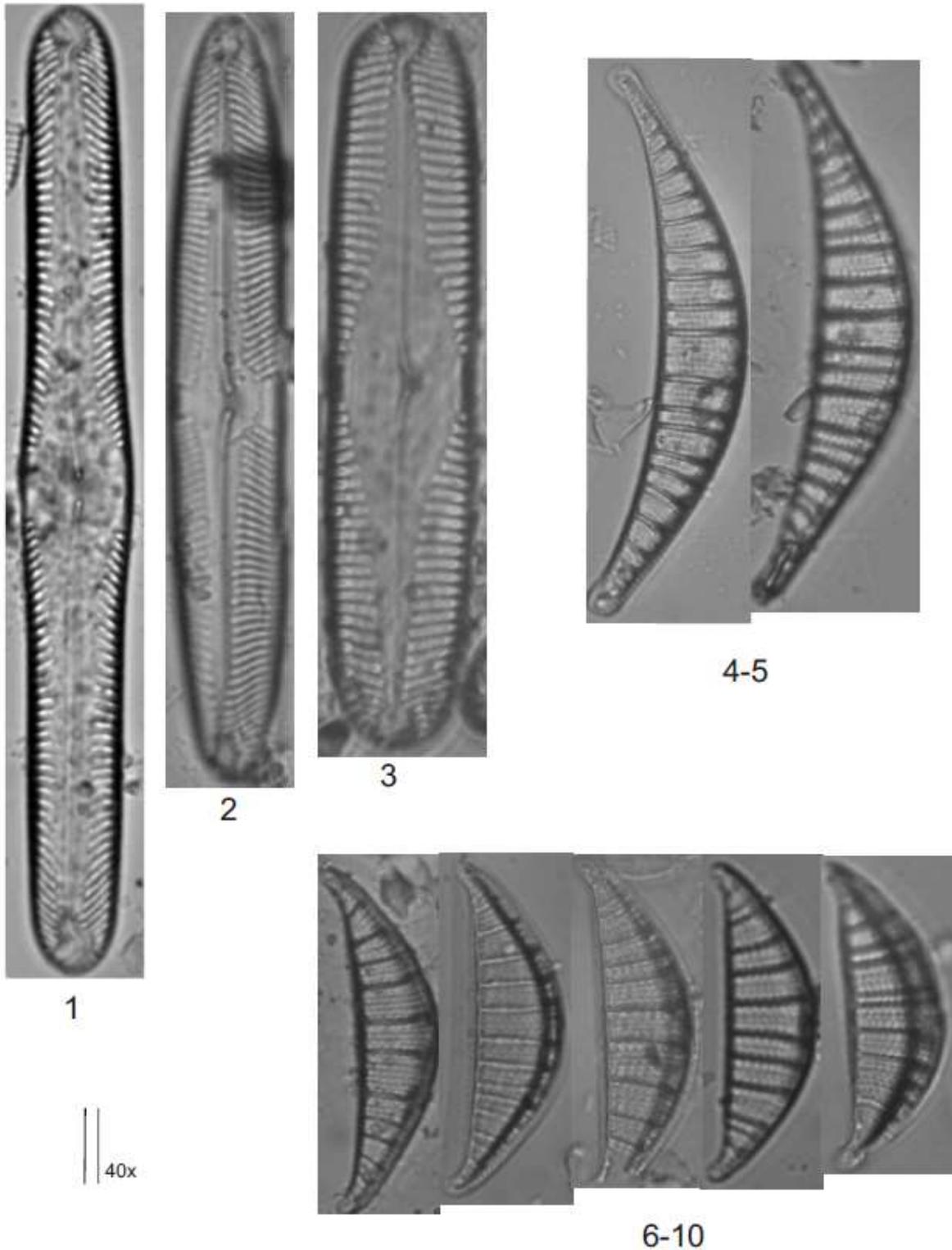


||  
40x

1 *Pinnularia sterrenburgii* var *cuyabenensis*; 2 *Pinnularia acrosphaeria*; 3 *Pinnularia notabilis*  
4-5 *Pinnularia microstauron*; 6 *Pinnularia* sp1

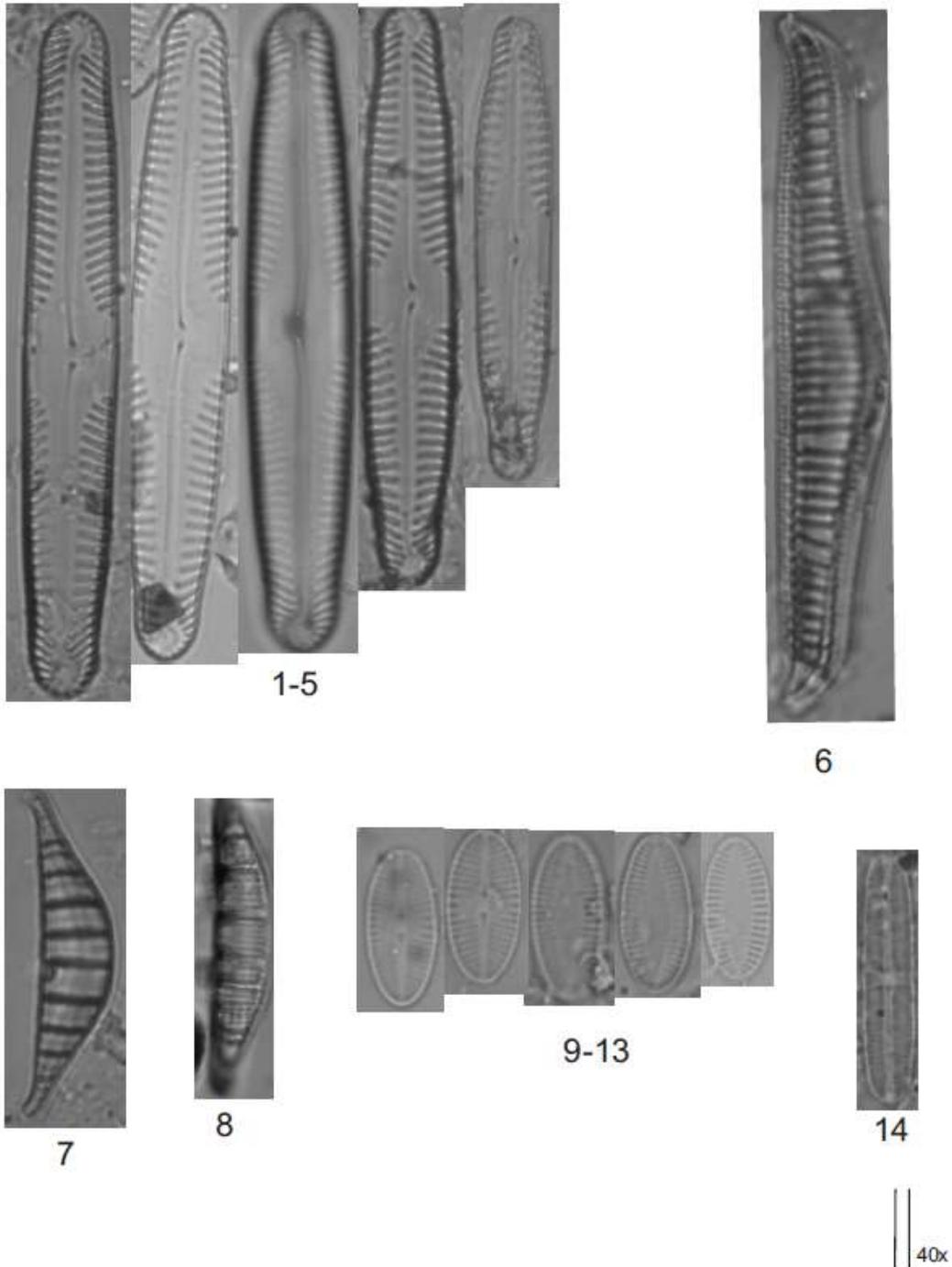
**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMES  
COMO BIOINDICADORES ”**



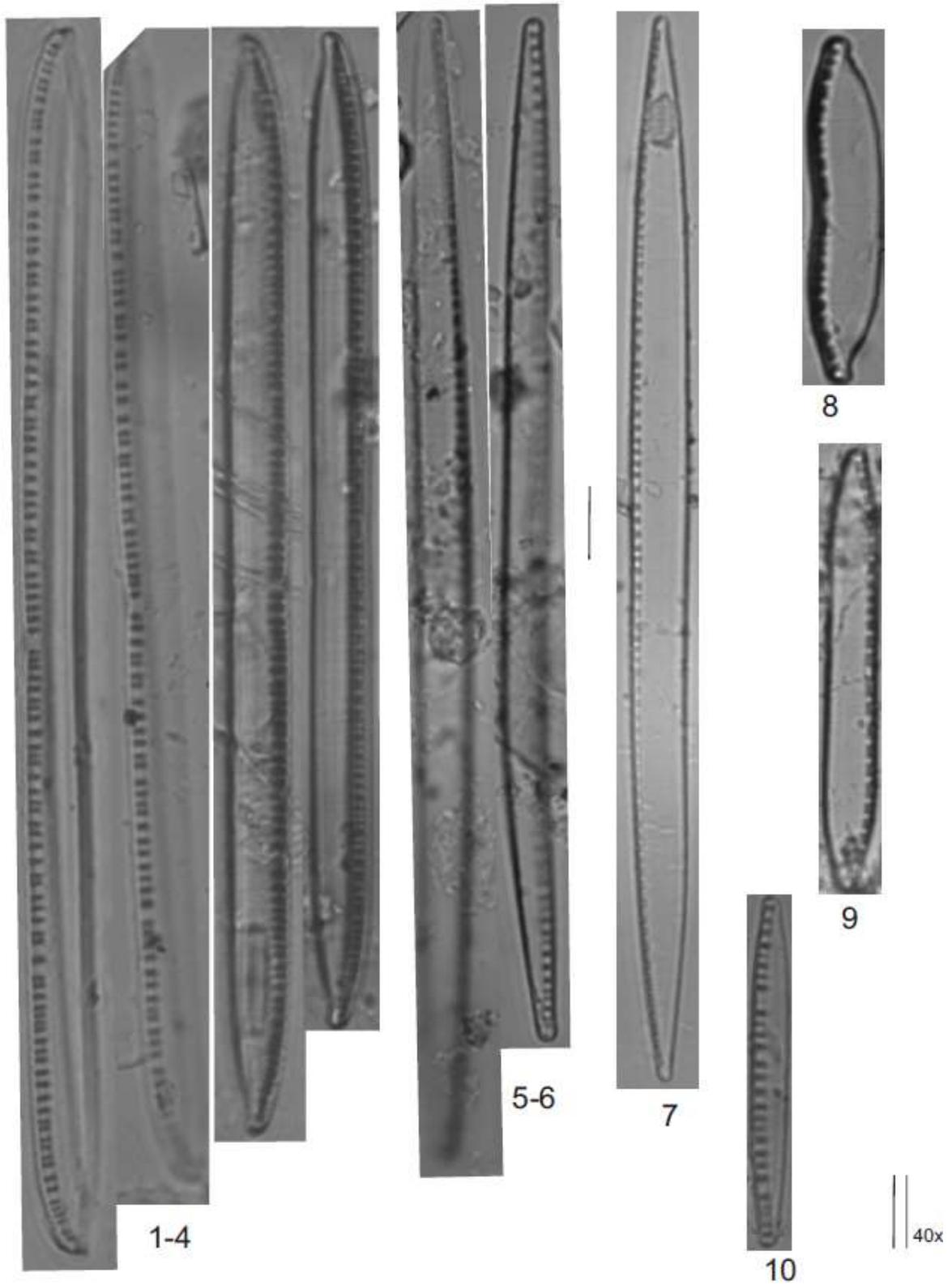
1 *Pinnularia* aff *stauroptera* var *brevicostata*; 2 *Pinnularia* *stomatophora* var *irregularis*; 3 *Pinnularia* *meridiana* var. *parallela*; 4-5 *Rhopalodia* *argentina*; 6-10 *Rhopalodia* *musculus*

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



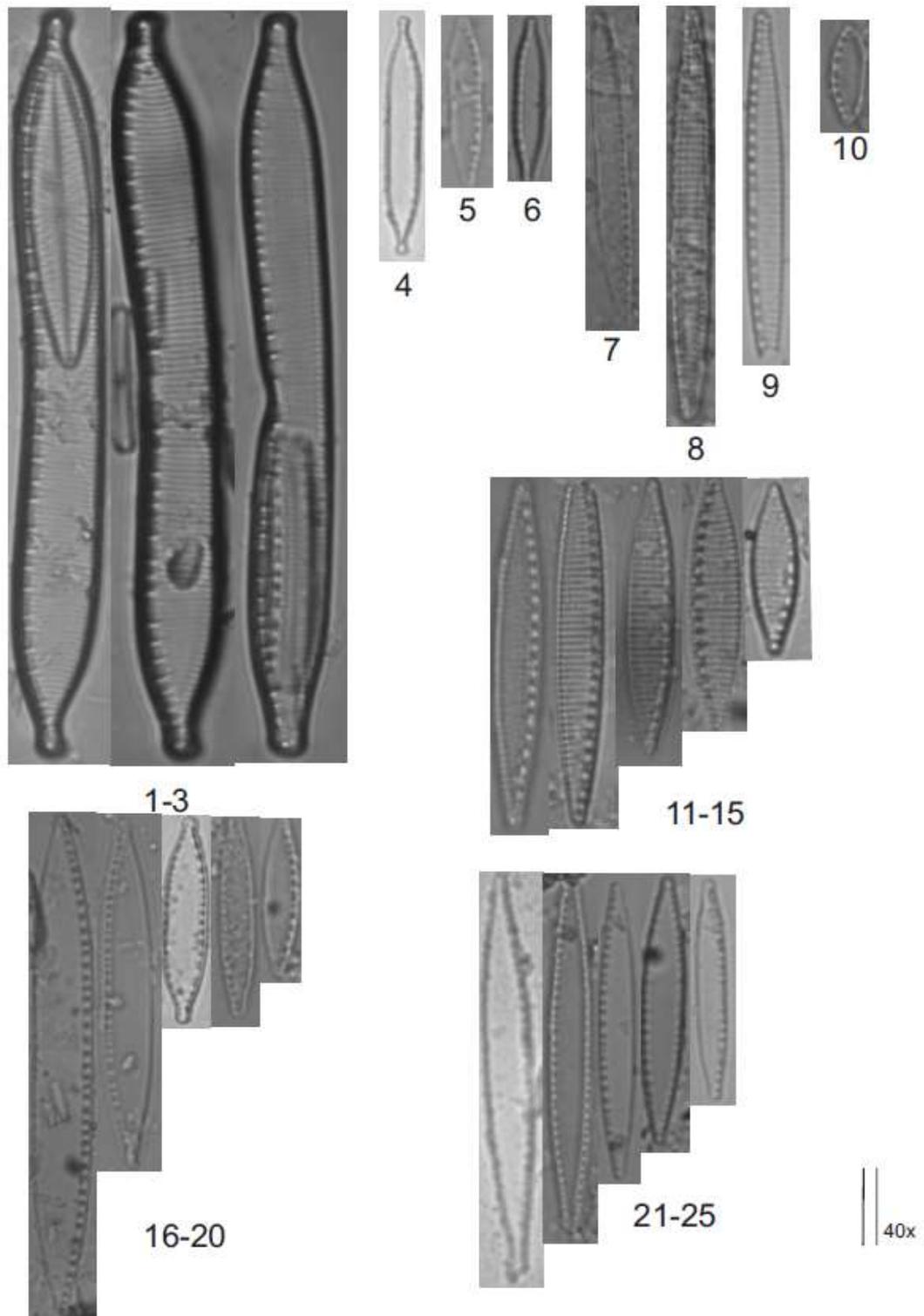
**1-5 *Pinnularia gibba*; 6 *Rhopalodia gibba*; 7 *Rhopalodia gibberula*; 8 *Rhopalodia sp1*; 9-13 *Platessa hustedtii*; 14 *Rosithidium sp1***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



1-4 *Nitzschia linearis*; 5-6 *Nitzschia vermicularis*; 7 *Nitzschia wuellerstorffii*; 8 *Nitzschia brevissima*  
9 *Nitzschia terrestris*; 10 *Nitzschia sp1*

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMES  
COMO BIOINDICADORES ”**



**1-3 *Nitzschia commutata*; 4 *Nitzschia sp2*; 5 *Nitzschia sp3*; 6 *Nitzschia sp4*; 7 *Nitzschia claussi*  
8 *Nitzschia bulnheimiana*; 9 *Nitzschia acidoclinata*; 10 *Nitzschia inconspicua*; 11-15 *Nitzschia  
amphibia*; 16-20 *Nitzschia palea*; 21-25 *Nitzschia paleacea***

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**

**“ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS  
DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS  
COMO BIOINDICADORES ”**



1

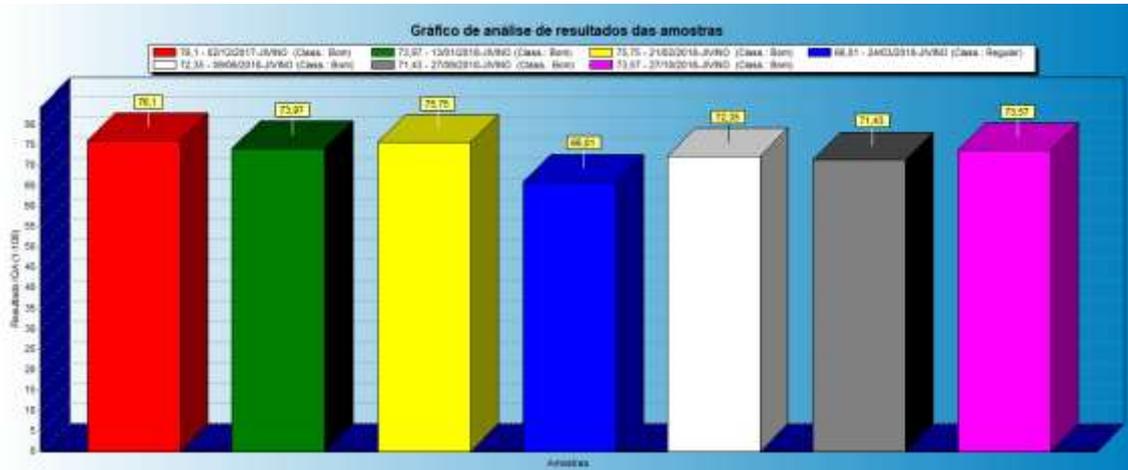
40x

1 *Surirella* cf. *fuellebornii*

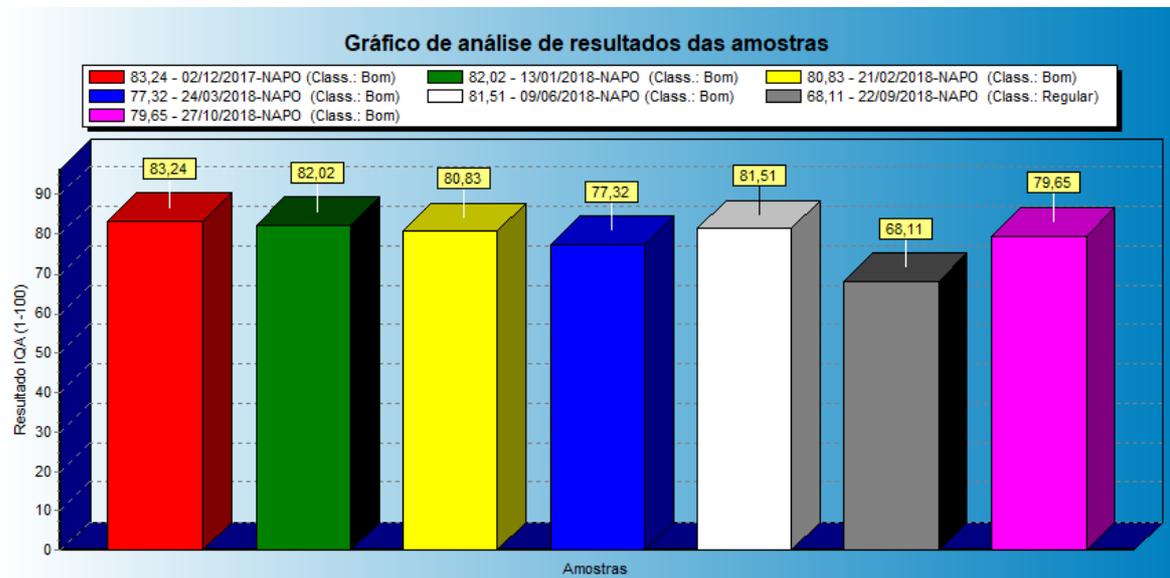
# “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”

## ANEXO 4: Gráficos históricos IQA-Data

### P1 Jivino

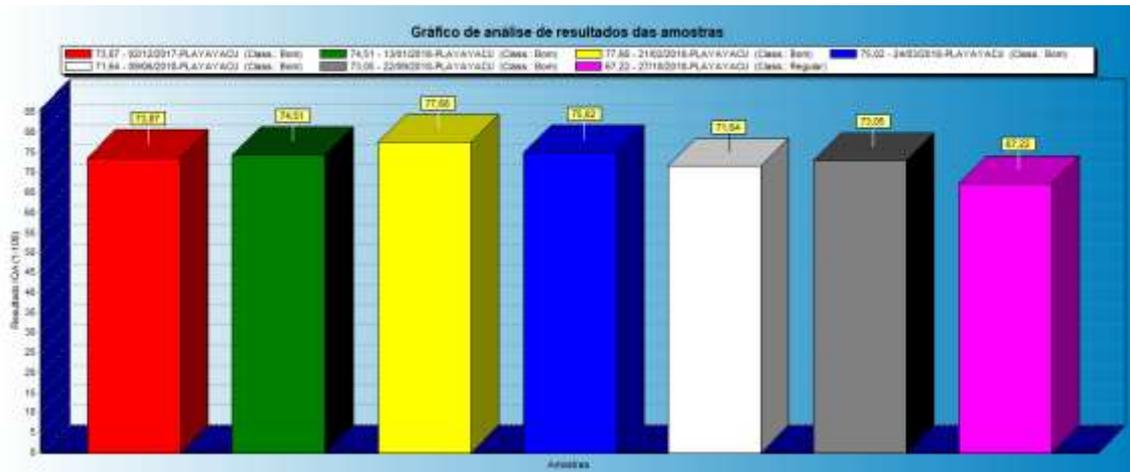


### P2 Napo

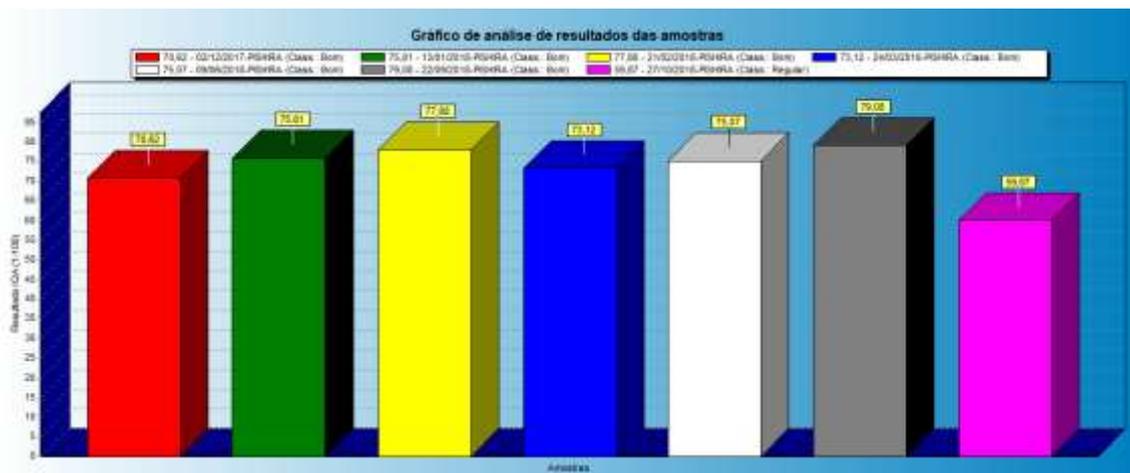


### P3 Playayacu

# “ EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMIAS COMO BIOINDICADORES ”



## P4 Pishira



## P5 Blanco

