

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Realizado por:

**MISHEEL ALEJANDRA CARRERA BAZÁN**

Director del proyecto:

**MSc. Jennifer Paola Moyón Dávila**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA**

Quito, 29 de julio del 2024

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**DECLARATORIA JURAMENTADA**

Yo, MISHEEL ALEJANDRA CARRERA BAZÁN, con cédula de identidad # 1753419777, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo.



**FIRMA**

**CI: 1753419777**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Realizado por:

**MISHEEL ALEJANDRA CARRERA BAZÁN**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA**

ha sido dirigido por la profesora

**Jennifer Paola Moyón Dávila**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

**FIRMA**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**CARLA BASTIDAS JURADO**

**ANDRÉS HERRERA**

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador

**FIRMA**

**FIRMA**

Quito, 29 de julio del 2024

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

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

**Energías, Ambiente y Biotecnología**

Perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Salud

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**DEDICATORIA**

A mis padres, por su amor, sin duda, su guía y determinación fueron necesarias para culminar esta etapa. Sus sacrificios y enseñanzas han sido la base de mis logros.

A mi hermana, por ser mi confidente y por estar siempre a mi lado en los momentos más importantes. Tu fuerza y amor han sido una inspiración para mí.

A una persona muy especial, mi tía Marlene Jiménez, por ser un ejemplo de bondad y generosidad, por su sabiduría y consejos en los momentos difíciles, y por ser uno de los pilares más hermosos en mi vida. Su presencia constante y su fe en mí han sido fundamentales para superar los desafíos y alcanzar mis metas.

Con gratitud y cariño

Misheel.

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por darme herramientas intangibles, experiencias únicas y personas nuevas que fueron colocadas en mi vida para terminar mi carrera con éxito.

A mis papás, Rodrigo y Elizabeth por su apoyo y amor incondicional. Vuestra fe en mí ha sido el motor que me impulsó a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mi hermana, Nathalia que me reta, ama y motiva para superarnos y alcanzar nuestros sueños.

A mi persona especial, Marlene Jiménez por su amor, comprensión y ternura depositados en conjunto con mis papás, son los pilares más hermosos en mi vida.

A mis amigos y compañeros de estudio, en especial a mis amigas Estefy, Aytana y Romi, las largas horas de estudio, los momentos de duda, las victorias compartidas hicieron de este camino una experiencia enriquecedora. A los chicos aut, amigos y compañeros que surgieron y aprendieron de diatomeas las noches en el laboratorio, por las risas, conversaciones, experiencias compartidas y apoyo cuando lo necesité.

A la Universidad Internacional SEK por permitirme culminar mis estudios en la profesión que elegí y por brindarme la oportunidad de crecer académicamente en un entorno de excelencia. Agradezco especialmente a mi mentora, Susana Chamorro, por su apoyo incondicional y dedicación durante todo el tiempo entregado a mi carrera.

Finalmente, a todos los mencionados y a quienes de alguna forma contribuyeron a este logro, les doy las gracias de corazón. Este logro es tanto mío como de ustedes.

¡Gracias mil!

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**Para someter a:**

**To be submitted:**

**Misheel Alejandra Carrera Bazán <sup>1</sup>, Jennifer Paola Moyón Dávila<sup>1\*</sup>**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR "**

<sup>1</sup>Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias de la Salud

Quito, Ecuador. 29 de Julio del 2024

AUTOR DE CORRESPONDENCIA: Jennifer Paola Moyón Dávila

Universidad Internacional SEK,

Facultad de Ciencias de la Salud

Quito, Ecuador.

Teléfono: 0999031343; email: mcarrera.amb@uisek.edu.ec

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## RESUMEN

En el Río Pita sector Cascada Cóndor Machay ubicada en el Cantón Rumiñahui en la Provincia de Pichincha, se determinó la calidad de agua mediante parámetros fisicoquímicos y biológicos. Se tomaron cuatro puntos de colecta para caracterizar la comunidad de diatomeas epilíticas donde se identificaron un total de 3200 individuos, con 58 especies pertenecientes a 29 géneros. Se utilizó los índices de Shannon Wiener, Simpson y Dominancia para determinar la diversidad por punto de las especies identificadas. Obteniendo una diversidad media  $H'$ : 2,46 con una baja dominancia 0,85 y finalmente teniendo una comunidad heterogénea  $J'$ : 0,66.

Por medio de un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) se corroboró las especies con parámetros fisicoquímicas, obteniendo una varianza de 82.72%, dando confiabilidad al estudio. Se evidenció que los estándares ambientales causan cambios significativos para la diversidad del ecosistema acuático por medio del Índice de Polusensibilidad IPS: 2.5 ubicado en la categoría de mala calidad de agua.

***Palabras claves: diatomeas epilíticas, calidad del agua, diversidad biológica.***

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## ABSTRACT

In the Pita River sector of the Condor Machay Waterfall located in the Rumiñahui Canton in the Province of Pichincha, the water quality was determined using physicochemical and biological parameters. Four collection points were taken to characterize the community of epilithic diatoms, where a total of 3200 individuals were identified, with 58 species belonging to 29 genera. The Shannon Wiener, Simpson and Dominance indices were used to determine the diversity per point of the identified species. Obtaining an average diversity H: 2.46 with a low dominance 0.85 and finally having a heterogeneous community J': 0.66.

Through a Canonical Correspondence Analysis (CCA), the species were corroborated with physicochemical parameters, obtaining a variance of 82.72%, giving reliability to the study. It was evidenced that environmental standards cause significant changes to the diversity of the aquatic ecosystem through the Pollusensitivity Index IPS: 2.5 located in the category of poor water quality.

**Key words:** *epilithic diatoms, water quality, biological diversity.*

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## 1. INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas han provocado contaminación en ríos, lagos y océanos, impactando la dinámica de los ecosistemas fluviales al alterar los regímenes hidrológicos y aumentar las cargas de sedimentos y contaminantes (Zhang Y. D., n,d). De esta manera, la calidad de agua de los ríos se ve directamente afectada, presentando cambios en factores físico-químicos (pH, conductividad, oxígeno disuelto, concentración de fosfatos, amonio y metales pesados) y biológicos, así como a las características hidro-morfológicas de los ríos (Gil Gómez, 2014).

En este sentido, las diatomeas, usadas como bioindicadores de calidad de agua son un grupo fundamental de microorganismos unicelulares, fotosintéticos y autótrofos, que pueden vivir de forma solitaria o en colonias, formando filamentos (Medlin, 2004). Están presentes en cuerpos de agua dulce, marina y estuarina alrededor del mundo. Constituyen aproximadamente el 80% del fitoplancton de aguas continentales. Según su modo de vida, pueden encontrarse flotando libremente (plantónicas) o adheridas a sustrato (bentónicas). Las diatomeas bentónicas se clasifican de acuerdo al sustrato que se encuentren adheridas; epifiton (plantas sumergidas), epipelon (sustratos/sedimentos) y epiliton (rocas) (Stevenson, 1999).

Para utilizarlas como bioindicadores, es preciso identificar las especies y variedades de diatomeas. Para ellos es importante conocer las partes que la componen: la frústula que es una pared celular de sílice (vidrio), consta de dos mitades que se encajan una con otra y son conocidas como valvas, denominadas epiteca e hipoteca. Cada valva está conformada por un rafe, estrías, área céntrica, nódulo central, y nódulos terminales (Guamán, 2016).

## **"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Ecológicamente, las diatomeas son importantes por su papel como productoras primarias. Además, su amplia diversidad de especies y su capacidad de respuesta rápida frente a los cambios ambientales las destacan como excelentes bioindicadores para evaluar la calidad del agua y detectar posibles alteraciones (Quinteros, 2020). El análisis de las comunidades de diatomeas proporciona información inmediata sobre las características y posibles afectaciones del hábitat acuático, convirtiéndose en una herramienta fundamental para programas de monitoreo ambiental (Lobo E.W., 2014; Directiva del Marco del Agua de la Unión Europea, 2000). Esto se debe a su bajo costo para determinar la calidad del agua y a la resistencia de su pared celular, que es resistente incluso después del tratamiento en laboratorio (Castillejo, 2022).

En Ecuador, diversos estudios (Cevallos, 2015; Guamán, 2016) han permitido ampliar el conocimiento sobre la diversidad de diatomeas y su potencial como bioindicadores (Guamán, 2016). En Ecuador, existe una extensa red de recursos hídricos que tiene su origen principalmente en la cordillera de los Andes y que desemboca tanto en el río Amazonas como en el Océano Pacífico (Liñero, 2016). En la ciudad de Quito, perteneciente a la provincia de Pichincha, hay 6 ríos principales: el Machángara, Guayllabamba, Monjas, San Pedro, Santa Clara y Pita. Estos se están viendo gravemente afectados por múltiples factores de contaminación que amenazan la salud de estas cuencas y comunidades aledañas (Machado, 2020).

El río Pita, que se origina principalmente por la unión de los ríos San Pedro y Guayllabamba, es una fuente importante de agua potable para el Distrito Metropolitano de Quito (FONAG, 2014). Además, su importancia para el riego de cultivos es considerable (Freile, 2009). Sin embargo, ha experimentado drenaje de humedales, vertidos de aguas negras, tala de bosques

## **"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

nativos, sobrepastoreo en páramos, lo cual ha generado escorrentía contaminada que perjudica a la flora y fauna acuática (Machado, 2020). Además, como secuela de los cambios en la temperatura reportado por Vuille (2000) y la frecuencia de visita turística, los problemas se han intensificado.

De acuerdo con lo establecido anteriormente, se exponen las siguientes Hipótesis, las cuales se destacan en el hecho de que H0: *“Las diatomeas epiliticas no actúan como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua del Río Pita, Sector Cascada Cóndor Machay”*. Como hipótesis alternativa H1: *“Las diatomeas epiliticas si actúan como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua del Río Pita, Sector Cascada Cóndor Machay”*.

Por lo cual, el objetivo general es evaluar la calidad del agua del río Pita mediante la identificación de diatomeas epilíticas como bioindicadores potenciales. Por otro lado, los objetivos específicos son: (1) determinar la diversidad de diatomeas en el Río Pita en la provincia de Pichincha-Ecuador; (2) comparar la similitud entre las estaciones de muestreo y la presencia de diatomeas en el Río Pita; (3) correlacionar los parámetros fisicoquímicos con la abundancia de las diatomeas.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudio**

El río Pita se localiza en la provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, donde se une con el río San Pedro para formar la Cascada Cóndor Machay (*Figura 1*), de aproximadamente 80 metros de altura (Concejo Provincial , 2009). La importancia del cuerpo acuático radica en abastecer de agua potable al Distrito Metropolitano de Quito (FONAG, 2014).

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

La zona de estudio presenta un clima templado, con una temperatura media anual de 12 grados centígrados. En cuanto a precipitaciones pluviales, el promedio anual es de 1114.82 mm, lo que equivale a 113.41 mm mensuales. Diciembre es el mes con mayores lluvias, mientras que tanto junio, julio y agosto presentan los valores mínimos (INAMHI, 2014).

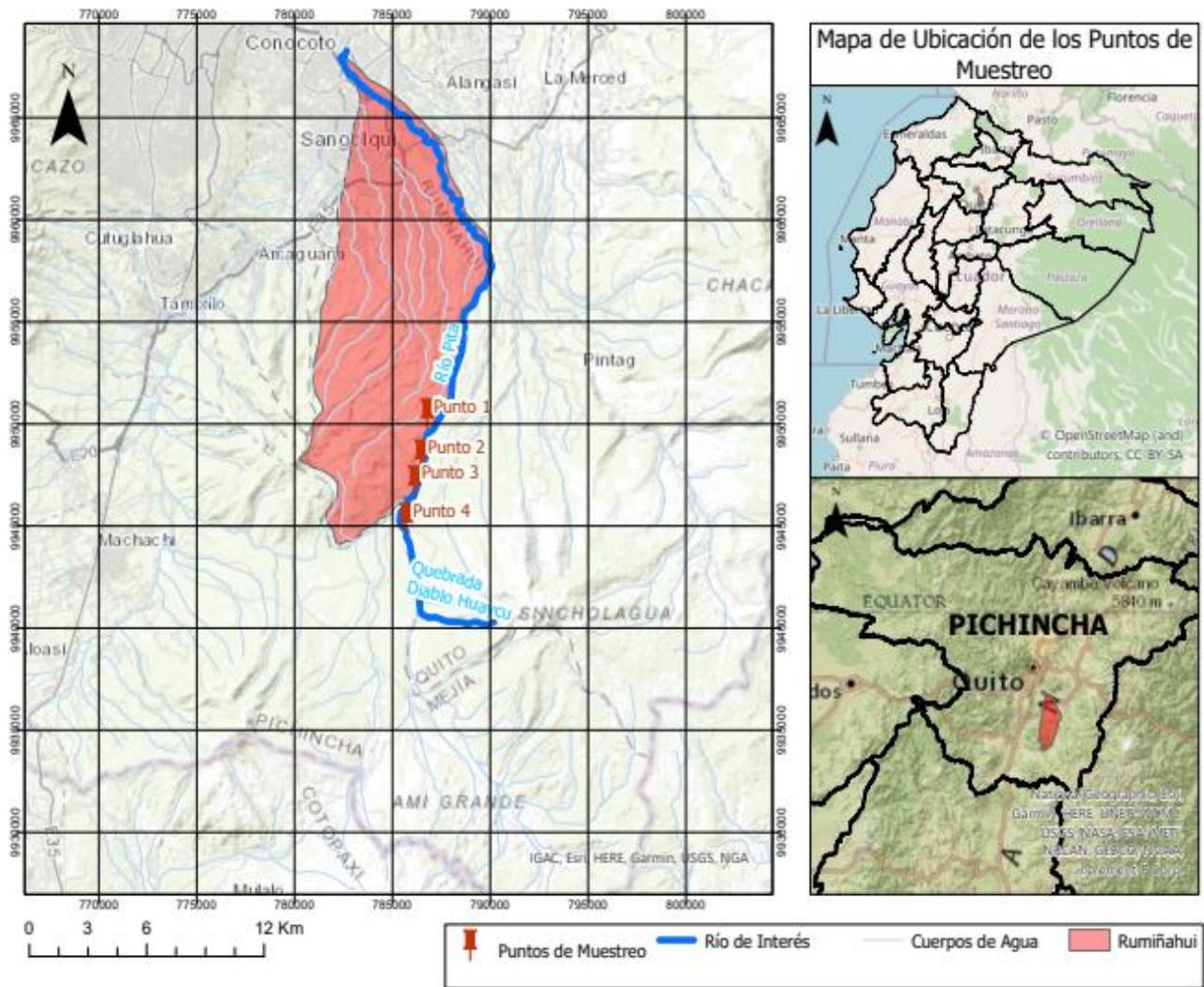


Figura 1. Área de estudio y puntos de muestreo Río Pita, Cascada Cóndor Machay

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## 2.2 Metodología

### 2.2.1 Fase de campo

Se establecieron cuatro puntos de muestreo denominados como P1, P2, P3 y P4 (*Tabla 1*) a lo largo de la zona recreativa del sendero de río Pita junto a la Cascada Cóndor Machay, en el mes de mayo del año 2023. El primer punto se realizó en la rivera del Río Pita junto a la Cascada Cóndor Machay (P1) y para los siguientes puntos se recorrió aguas abajo del Río Pita en las siguientes coordenadas (*Tabla 1*).

*Tabla 1. Coordenadas de puntos de muestreo*

<b>Estación de muestreo</b>	<b>Código</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
<b>Punto 1</b>	P1	0°27'17.5"S 78°25'25.1"W	3088
<b>Punto 2</b>	P2	0°28'22.9"S 78°25'34.9"W	3200
<b>Punto 3</b>	P3	0°29'4.8"S 78°25'45.5"W	3218
<b>Punto 4</b>	P4	0°30'4.1"S 78°25'59.5"W	3396

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

Siguiendo el protocolo propuesto por (Blanco S. , 2011), se recolectaron tres piedras, cada una con dimensiones aproximadas de 10 a 20 cm, las cuales presentaban una biopelícula de color marrón. Estas piedras fueron obtenidas a una profundidad de 40 a 50 cm en el río.

Se procedió a raspar la superficie con un cepillo, permitiendo que el sedimento marrón caiga sobre una fuente (*Figura 2*).



*Figura 2. Recolección de muestra In situ.*

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

A continuación, se recolectó muestras por duplicado en tubos Falcon de 50ml, asignando la rotulación correspondiente. Se tomó una muestra duplicada en cada punto de muestreo. Para la preservación de las muestras se utilizó etanol al 70%, en una proporción de una parte de muestra por una parte de etanol, lo cual es necesario para inmovilizar la división celular y evitar la descomposición orgánica (Blanco S. , 2011) (*Figura 3*).



*Figura 3. Preparación de muestras en campo*

La toma de los siguientes parámetros físico-químicos: pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxígeno disuelto ( $\text{mg/L}$ ) y conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ ), se realizó en cada uno de los puntos de muestreo a 5cm de la superficie del río, utilizando un multiparámetro portátil HQ40d – HACH. Además, se usó tiras Tetra *EasyStrips* para determinar nitritos nitratos, dureza, y alcalinidad.

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

Finalmente, para la medición de fósforo (*Phosphorus reactive*), nitritos (*Nitriver 3*) y nitratos (*Nitriver 6 -3*) se utilizó el Manual HACH (*Figura 4*).



*Figura 4. Medición de parámetros físico-químicos en el Río Pita, Sector Cascada Cóndor Machay*

Posteriormente las muestras recolectadas fueron movilizadas en una hielera a  $-4^{\circ}\text{C}$  hacia el laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Internacional SEK.

### ***Tratamiento de las muestras de diatomeas***

Para la concentración de las muestras se centrifugaron los tubos Falcon a 4000 rpm durante 5 minutos. Con el fin de obtener la materia orgánica, se desechó el sobrenadante y luego se inició el proceso de filtración utilizando una malla marca Nytal 13XXX-100. Según ECS (2003), para eliminar la materia orgánica se conservó el precipitado, al cual se agitó por diez segundos y se filtró nuevamente para separar el exceso de sedimento.

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

Posteriormente, se agregó 12ml de muestra y 8ml de peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$  al 30%) en cada tubo de ensayo, con un volumen total de 20 ml. Los tubos de ensayo se taparon con algodón y se colocaron en una olla con arena sobre una plancha de calentamiento a una temperatura de  $230^{\circ}C$ . Este procedimiento de digestión de muestras se llevó a cabo durante 24 horas seguidas (Chamorro, 2022) (Figura 5).

Finalmente, cuando la muestra tomó una tonalidad amarillenta se procedió a retirar el peróxido de hidrógeno con un gotero esterilizado. Consecutivamente, se realizaron tres lavados con agua destilada y las muestras fueron cambiadas a nuevos tubos (ECS, 2003).

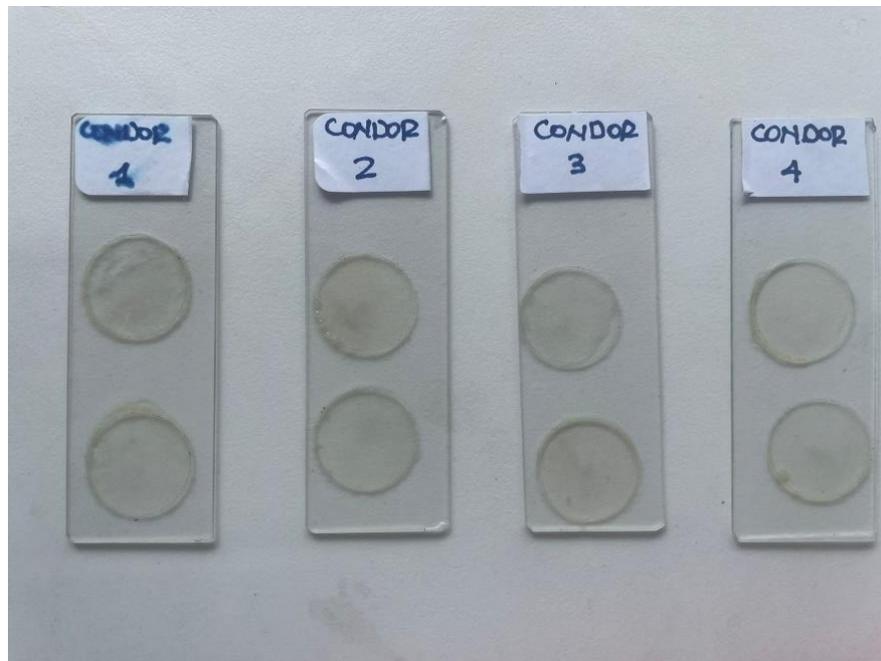


Figura 5. Digestión de muestras

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

### *Preparación de láminas permanentes de diatomeas*

Para la fijación permanente de diatomeas en las placas, se utilizó la plancha de calentamiento a 85°C. Por cada muestra se colocó cubreobjetos redondos con un diámetro de 18mm, sobre los cuales se añadió una alícuota de muestra, la cual se dejó secar a temperatura ambiente. Una vez secas, se tomó cada cubreobjetos y se invirtió sobre un portaobjetos con una gota de Naphrax. Este medio de montaje de placas permite tener un alto índice de refracción. Luego, se colocó nuevamente en la plancha de calentamiento hasta llegar al punto de ebullición. Continuamente, se retiró de la plancha de calentamiento y se presionó suavemente hasta lograr una fijación homogénea (Blanco S. , 2011) . Por último, se etiquetó la placa para su identificación por análisis microscópico (*Figura 6*).



*Figura 6. Placas para análisis óptico*

## **"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

### ***Identificación taxonómica de diatomeas epilíticas mediante microscopía óptica***

Se analizaron 8 placas, con dos placas por punto de muestreo, para la observación de las placas permanentes se utilizó el microscopio Leica DM750, provisto con una cámara digital MC170 HD y el software Leica Application Suite, LAS EZ, Version 3, para capturar las imágenes de diatomeas. La metodología aplicada para el conteo de 400 individuos por placa se basó en el protocolo propuesto por (Blanco S., 2010), el cual consiste en generar aleatoriamente coordenadas de campos visuales.

### ***Edición de fotografías de diatomeas para la identificación taxonómica***

Las fotografías de las valvas fueron reducidas a una escala de 10  $\mu\text{m}$  y la conformación de las poblaciones caracterizadas por la célula de mayor y menor tamaño. Este proceso se realizó con el programa CorelDraw Graphics Suite 2022. La identificación taxonómica se realizó basándose en la bibliografía especializada y obras como Krammer (1997b), (1997a), (2002), (2002); Krammer & Lange-Bertalot (1986), (1987), (1989), (1991a), (1985); Lange-Bertalot (1993), (1996), (2001); Lange-Bertalot et al. (2003); Metzeltin (2007), Metzeltin et al. (2005); Metzeltin&Lange-Bertalot et al. (2003) Metzeltin (2007); Metzeltin et al. (2005); Metzeltin & Lange- 20 Bertalot (1998); Reichardt (1984); Rumrich et al. (2000) y páginas web como Academy of Natural Sciences Philadelphia: ANSP (<http://symbiont.ansp.org/dntf/>), AlgaeBase (<https://www.algaebase.org/>) y DiatomBase (<https://www.diatombase.org/>)

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## *Análisis de Datos*

Se calculó la abundancia absoluta ( $A_i$ ) y relativa ( $A_i\%$ ) de las especies en una base de datos realizada en el programa EXCEL 2019 Microsoft. La  $A_i\%$  de las especies fueron trasladadas al programa estadístico PAST versión 4.04. Para determinar la diversidad. Se calculó la riqueza (S), Shannon ( $H'$ ), dominancia de Simpson (1-D), equitatividad de Pielou(J).

- **Riqueza (S)**

La riqueza de especies se calcula contando el número total de especies distintas presentes en una comunidad biológica, lo que brinda una medida básica de la diversidad encontrada en ese hábitat en particular (Osorio, (2024).

- **Índice de Shannon Wiener (H)**

El cálculo de la abundancia total por punto permitió tener la cantidad de individuos por especie. Para determinar la diversidad de diatomeas por punto de muestreo, se utilizó el índice de Shannon. Este índice varía de 0 a 5, donde se considera baja diversidad en el rango de 0.5 a 2, diversidad media de 2 a 3, y alta diversidad de 3 a 5 (Osorio, (2024).

- **Dominancia de Simpson (S)**

La Dominancia de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma especie. Este índice toma valores entre 0 y 1, donde valores cercanos a 0 indican mayor dominancia y valores cercanos a 1 menor dominancia (Osorio, (2024).

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

- **Índice de Equitatividad de Pielou (J)**

Es una herramienta muy útil para evaluar la estructura de una comunidad biótica, ya que permite medir el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre las distintas especies, proporcionando información sobre el nivel de equidad en la abundancia relativa de cada taxón. Cuanto más se aproxima su valor a 1, mayor es la equidad en la comunidad; es decir, ninguna especie domina notoriamente sobre las demás (Blanco S. , 2010).

### *Calidad de Agua del Río Pita, Sector Cascada Cóndor Machay*

Se calculó el Índice de Polusensibilidad Específica (IPS), (Blanco S. B., (2007)el cual integra la abundancia relativa ( $A_j$ ), la sensibilidad a contaminación ( $S_j$ ) y la tolerancia a contaminantes ( $V_j$ ), siguiendo la siguiente fórmula:

$$IPS = 4,75 * \frac{\sum A_j * S_j * V_j}{\sum A_j * V_j} - 3,75$$

Los rangos numéricos en la determinación del IPS son entre 1 y 20 y se clasifican en cinco categorías de calidad ecológica (Blanco S. B., (2007) (*Tabla 2*).

*Tabla 2. Categorías Calidad del Agua TULSMA*

<b>Estado de Calidad Ecológica</b>	
Mala	1-5
Deficiente	5-9
Moderada	9-13
Buena	13-17
Muy buena	17-20

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## *Análisis de la calidad de agua según la normativa ambiental ecuatoriana*

Los datos fisicoquímicos registrados en campo fueron comparados con los criterios de calidad establecidos en la Norma Ecuatoriana TULSMA-Registro 097A, Oficial Suplemento N°387 de 4 de noviembre de 2015, página 17. Según la Tabla 6 del Texto Unificador de Legislación de Medio Ambiente, se refieren al Criterio de Calidad Admisibles para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios como se muestra en el **Anexo 1**. La Tabla 7 referidos al Criterio de Calidad de Aguas para Fines Recreativos mediante Contacto Primario (**Anexo 2**).

## *Relación entre variables bióticas y abióticas*

Para determinar la relación entre los parámetros fisicoquímicos y la abundancia de las diatomeas, se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónica de Correspondencia (CCA). Con el fin de optimizar la relación de las variables, se excluyeron aquellas especies cuya abundancia relativa fuera menor al 0.3%.

Este análisis es útil para evaluar la distribución de las especies en relación a variables ambientales, debido a que el CCA genera ejes en combinaciones lineales de los factores ambientales convirtiéndole en un análisis de gradiente directo (Braak C & Verdonschot, 1995).

## **3. RESULTADOS**

### **Riqueza y abundancia de diatomeas en el Río Pita**

Se obtuvo una abundancia total de 3200 individuos que correspondieron a 58 especies, agrupadas en 29 géneros (ANEXO 4). Se destacaron 7 especies con mayor abundancia,

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

correspondientes a: *Rhoicosphenia abbreviata* (29.8%), *Nitzschia soratensis* (15.6%), *Navicula gregaria* (8.7%), *Cocconeis euglypta* (8.5%), *Navicula lanceolata* (8.3%), *Planothidium lanceolatum* (4.8%) y *Nitzschia brevissima* (4.6%). Por otro lado, se encontraron 6 especies con abundancia relativa menor al 3% como lo son *Gomphonema sp1* (2.9%), *Nitzschia sp1* (1.9%), *Epithemia sp1* (1.5%), *Reimeria sinuata* (1.4%), *Diatoma moniliformis* (0.8%), *Ulnaria ulna* (0.8%), *Nitzschia dissipata* (0.6%) (Figura 7).



Figura 7. Abundancia relativa de diatomeas epilíticas

### Índices de Diversidad

Se determinó la diversidad con el índice de Shannon ( $H'$ ) y Simpson ( $1-D$ ) para evaluar la dominancia, y con el índice de Equitatividad de Pielou ( $J'$ ) para medir la homogeneidad o

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

heterogeneidad (*Tabla 5*). Se encontró una diversidad media con un valor de  $H'$  2,46. En el índice de Simpson, el promedio fue de 0,85, lo cual indica una baja dominancia. Finalmente, en el índice de equitatividad de Pielou se obtuvo un valor de 0,66, lo que sugiere que la abundancia relativa entre las especies no es pareja deduciendo que la comunidad es heterogénea.

*Tabla 3- Cálculo del Índice de Diversidad en Past*

<b>Muestreo</b>	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>	<b>Punto 4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>ÍNDICES</b>					
<b>SHANNON (H)</b>	2,845	2,017	2,565	2,422	<b>2,46</b>
<b>SIMPSON (D)</b>	0,899	0,794	0,863	0,844	<b>0,85</b>
<b>EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J)</b>	0,721	0,662	0,643	0,607	<b>0,66</b>

***Comparación de la Similitud entre estaciones de muestreo y la presencia de diatomeas en el río Pita, sector Cascada Cóndor Machay***

Se ejecutó un clúster para medir la similitud entre las especies presente en los puntos de muestreo. Se obtuvo una similitud de 0.7 en el punto 3 y punto 1, debido a que compartieron especies como *Rhoicosphenia abbreviata*, *Nitzschia soratensis* y *Planothidium lanceolatum*. En cambio, entre el punto 2 y punto 4 se obtuvo 0.8 de similitud, esto indicó que el punto 2 y 4 comparten mayor cantidad de especies entre sí, acercándose al valor máximo de 1. En particular, se encontraron especies como *Nitzschia soratensis*, *Navicula lanceolata* y *Cocconeis euglypta* (*Figura 8*).

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

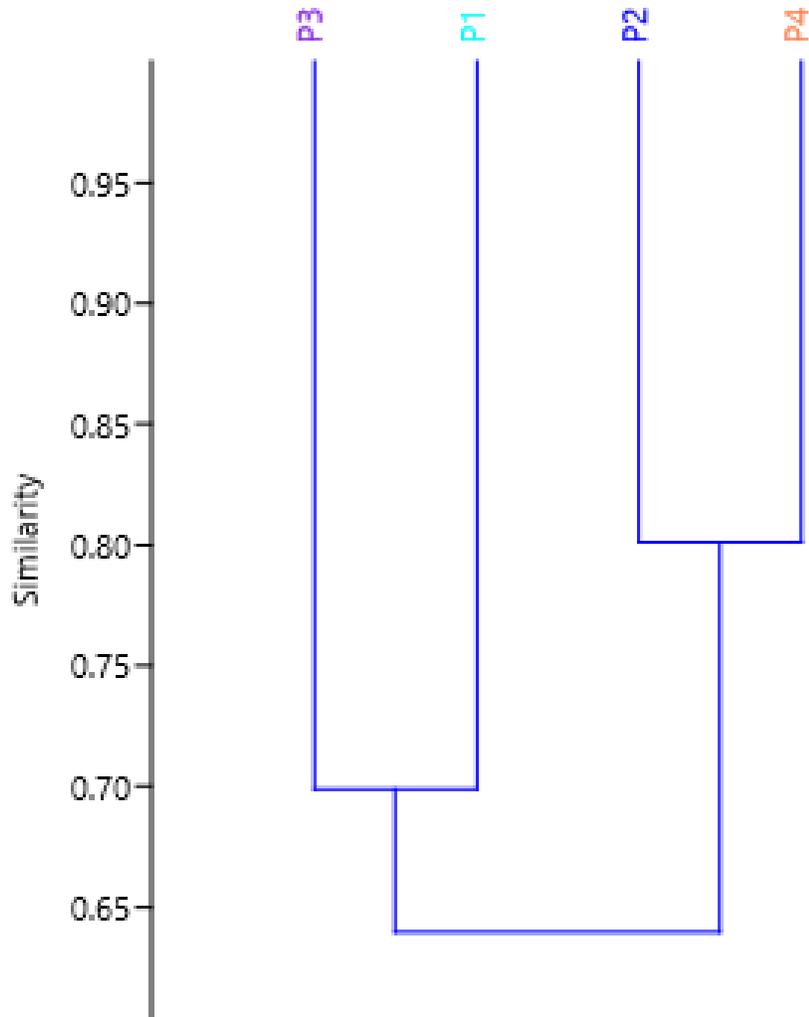


Figura 8. Análisis de similitud según Bray Curtis

***Calidad del Agua de la Cascada Cóndor Machay***

***Componente biológico***

El valor del IPS en este estudio correspondió a 2,5 indicando mala calidad de agua. Esto indica que la comunidad de diatomeas presentes es tolerante a contaminación.

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**Componente físico-químico**

Los límites máximos permisibles de los parámetros físico-químicos del agua, según el acuerdo Ministerial 097-A ((TULSMA, 2015) indican que, en el pH, que fue de 8.59 en el punto 1 y de 8.45 en el punto 4, excede el límite permisible. De igual manera, la concentración de fósforo total en el punto 1 mostró un incremento de 66.9 mg/L, incumpliendo con el límite permisible, y en el punto 2 también superó este límite con un valor de 16.7 mg/L (Tabla 4).

*Tabla 4. Parámetros comparativos con la Normativa TULSMA, en color rojo los valores que superan el límite permisible*

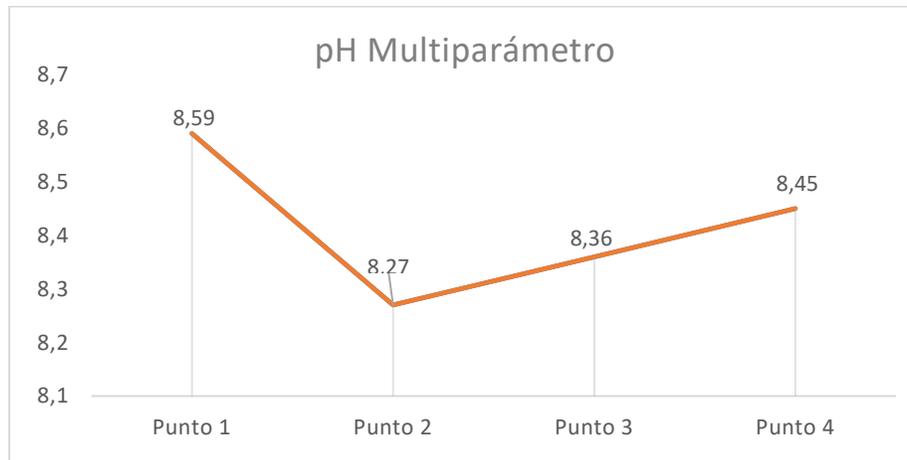
	<b>pH</b> <b>(multiparámetro)</b>	<b>Oxígeno</b> <b>Disuelto</b> <b>(mg/L)</b>	<b>Fósforo</b> <b>Total</b>	<b>Nitritos</b> <b>(mg/L)</b>	<b>Nitratos</b> <b>(mg/L)</b>
<b>Límite</b>	<b>6.5 - 8.3</b>	<b>&gt;80</b>	<b>15.1</b>	<b>0.2</b>	<b>13</b>
<b>TULSMA</b>					
<b>Punto 1</b>	<b>8,59</b>	7,09	<b>66,9</b>	-0,02	-0,1
<b>Punto 2</b>	8,27	7,55	<b>16,7</b>	0,02	2
<b>Punto 3</b>	8,36	7,45	-13,9	0,01	0,08
<b>Punto 4</b>	<b>8,45</b>	7,57	-14,5	0,06	0,22

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## *Parámetros Físicoquímicos*

### **Potencial de Hidrógeno (pH)**

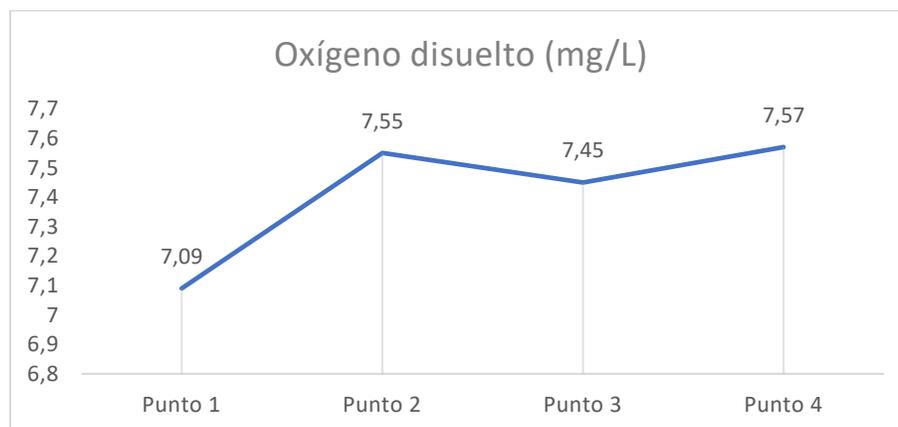
En la fase de muestreo, el pH se mantuvo constante en 8 y el valor más bajo registrado fue de 8.27 en el P2, lo que indica una alcalinidad básica (*Figura 9*).



*Figura 9. Datos pH obtenidos en el sendero de la Cascada Cóndor Machay*

### **Oxígeno disuelto**

La variación de oxígeno presente es baja, manteniéndose alrededor de 7 con cambios de décimas; el valor más alto alcanzado es 7.57 en el punto 4 (*Figura 10*).

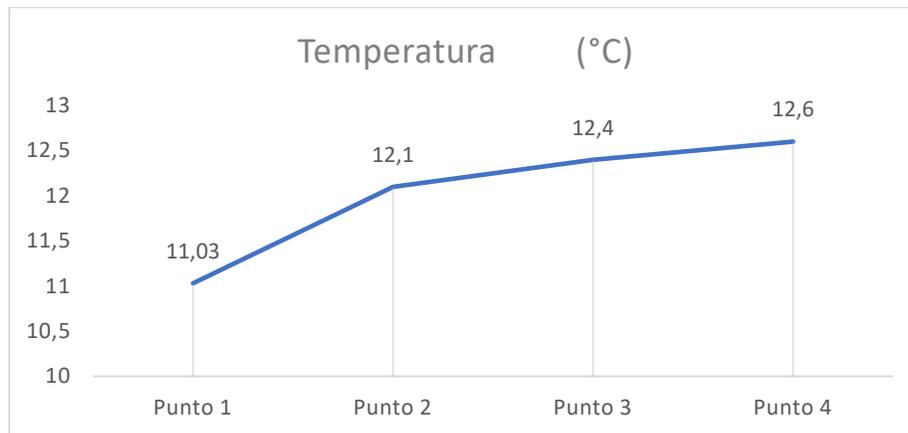


*Figura 10. Datos de oxígeno disuelto obtenidos en el sendero de la Cascada Cóndor Machay*

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## Temperatura del agua

La temperatura del agua se mantuvo en 12°C en los últimos tres puntos de muestreo, con un mínimo de 11°C registrado, mostrando poca variabilidad (*Figura 11*).



*Figura 11. Datos de temperatura obtenidos en el sendero de la Cascada Condor Machay*

## Fósforo total

Se destaca el punto 1 por presentar mayor concentración en relación con los otros puntos con un valor de 66.9 mg/L (*Figura 12*).



*Figura 12. Datos fósforo total obtenidos en el sendero de la Cascada Cóndror Machay*

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## Nitritos

Los valores de nitritos obtenidos fueron inferiores a 0.2 mg/L en los puntos de muestreo (Figura 13).

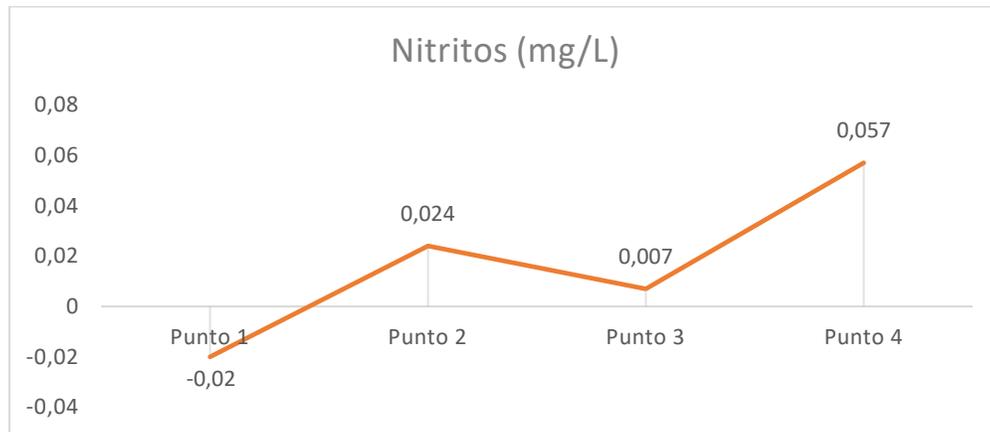


Figura 13. Datos de nitritos obtenidos en el sendero de la Cascada Cóndor Machay

## Nitratos

Los valores se presentan bajos en el punto 1, con -0.1mg/L, mientras que en el punto 2 se observó un pico de incremento a 2mg/L (Figura 14).

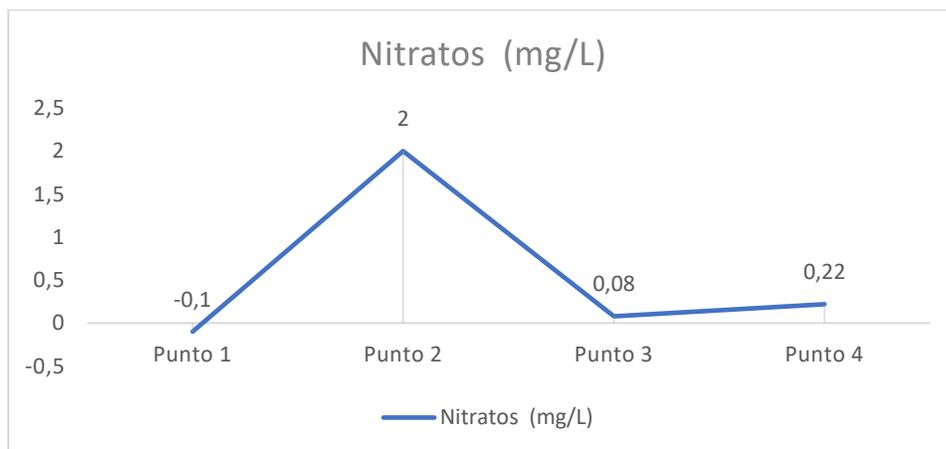


Figura 14. Datos nitratos obtenidos en el sendero de la Cascada Cóndor Machay

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## Conductividad

En el primer punto de muestreo, la conductividad fue de 166  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y disminuyó hasta alcanzar 130.2  $\mu\text{s}/\text{cm}$  en el punto 4 (Figura 15).

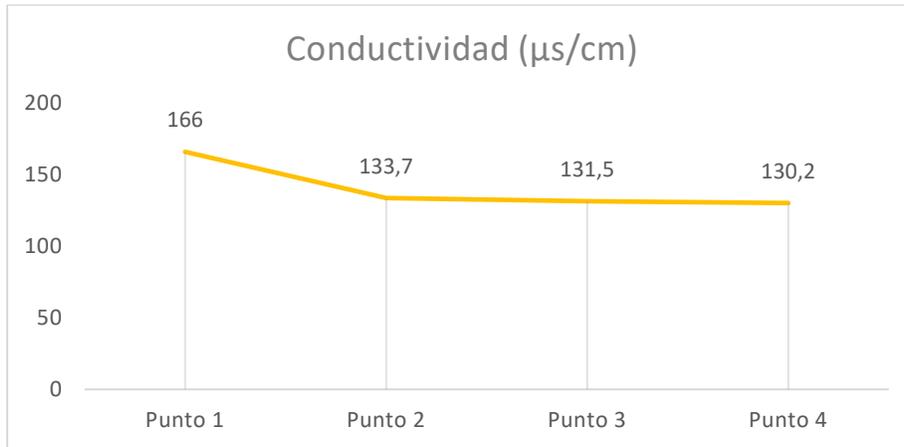


Figura 15. Datos de conductividad obtenidos en el sendero de la Cascada Cóndor Machay

## Dureza

Se observaron dos valores: 75 ppm en el punto 1 y 2, mientras que en el punto 3 y 4 se mantuvieron estables en 25 ppm (Figura 16).

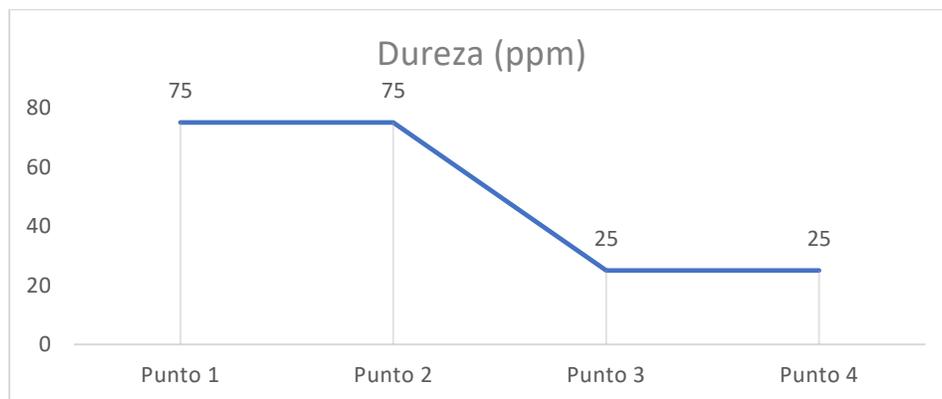


Figura 16. Datos de dureza obtenidos en el sendero de la Cascada Cóndor Machay

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## Alcalinidad

El valor mayor de alcalinidad es en el punto 1, indicando que existe mayor capacidad amortiguadora en el agua del río Pita.

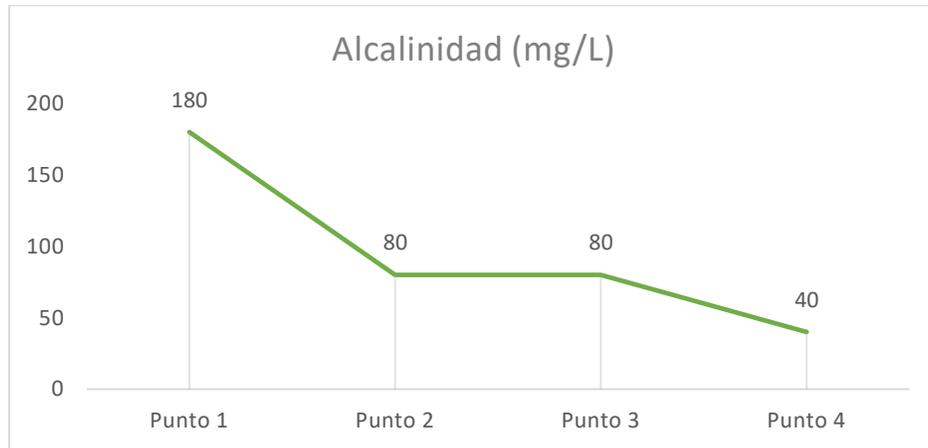


Figura 17. Datos de alcalinidad obtenidos en el sendero de la Cascada Cóndor Machay

## Análisis de Correspondencia Canónica

El resultado del análisis de correspondencia canónica reveló 82.7% de varianza total acumulada (Figura 18).

De acuerdo con la distribución de especies en el gráfico con los parámetros físico-químicos, se observó una mayor cantidad de especies en el eje 1, principalmente en el primer cuadrante.

En el punto 2 predominaron las especies como *Cocconeis euglypta*, *Nitzschia sp1*, *Ephitemia sp1*, *Gomphonema sp1* y *Rhoicosphenia abbreviata*, lo cual indica que estas especies prefieren rangos específicos de oxígeno disuelto (7.09mg/L, temperatura (11.03°C) y nitritos (0.02mg/L) . Además, se evidencia que *Nitzschia* tiene tolerancia a temperaturas bajas.

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

En el punto 3, las especies *Diatoma moniliformis* y *Nitzschia soratensis* no mantuvieron una relación directa con los parámetros fisicoquímicos. Sin embargo, se observó una correlación entre los parámetros de alcalinidad, fósforo total, conductividad y pH. Por otro lado, las especies *Nitzschia brevissima*, *Planotidium lanceolatum* y *Diademesis arcuatoides* se asociaron directamente en el punto 1 debido a su afinidad con las siguientes mediciones: 166 uS/cm, pH 8.59 – alcalino y T 11.03°C. Esto nos indica que cada especie tiende a concentrarse donde existan niveles adecuados de los factores ambientales, regulando así su ocurrencia diferencial en el ambiente (M.G Kelly, (2015). Se muestra cómo las condiciones del medio influyen en la abundancia relativa de las especies identificadas y la influencia de factores ambientales en la composición de esta comunidad biótica.

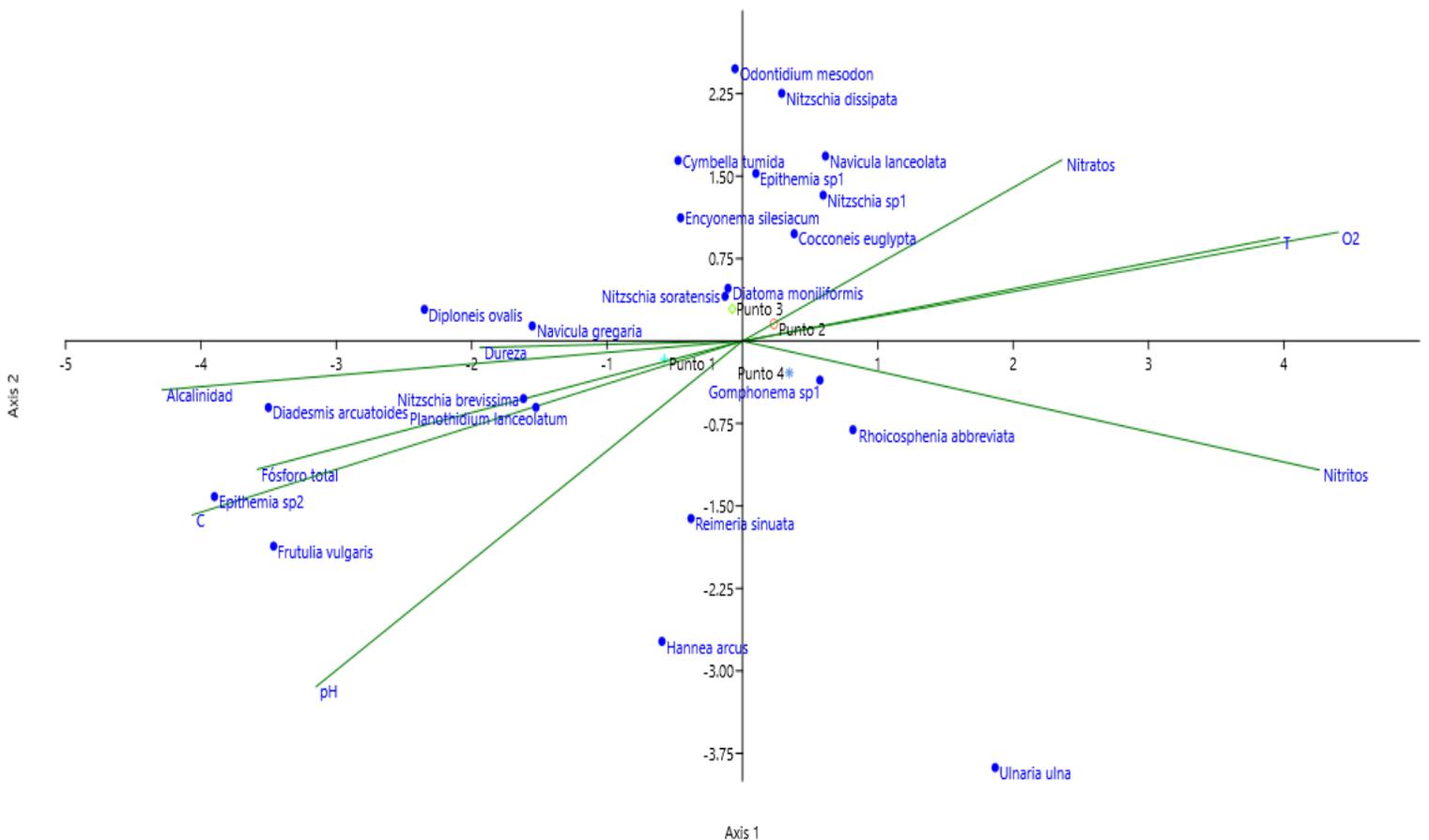


Figura 18. Análisis de correspondencia canónica (CCA)

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este estudio se corrobora la hipótesis alternativa, las diatomeas epilíticas actúan como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua del Río Pita, Sector Cascada Cóndor Machay. Como lo demuestran el análisis de diversidad, similitud y análisis de correspondencia canónica.

Según (Barrenechea, (n.d.), en la cuenca alta del Río Pita existen actividades antropogénicas como descargas de aguas residuales domésticas e industriales, y uso excesivo de fertilizantes en la agricultura. Esto puede ser la causa de la mala calidad de agua observada en los puntos muestreados en mayo del 2023. De los resultados obtenidos, se evidenció la presencia de especies indicadoras de eutrofización en el río Pita en los cuatro puntos muestreados. Las especies más representativas fueron *Rhoicosphenia abbreviata*, *Nitzschia soratensis*, *Navicula gregaria*, *Cocconeis euglypta* y *Navicula lanceolata* cada una con una abundancia distinta en cada punto.

*Rhoicosphenia abbreviata*, según estudios ecológicos desarrollados por (Levkov, Caput Mihalic, & Ector, (2010), es una especie ampliamente distribuida en ríos y lagos mesotróficos a ligeramente eutróficos. Según (M.G Kelly, (2015), *Nitzschia soratensis* es una especie estrictamente de agua dulce, sólo crece con baja salinidad y conductancia, prefiere concentraciones elevadas de fósforo, siendo abundante en localidades con aguas ligeramente eutróficas (210 uS/cm) con pH alcalino (8.6) y temperatura de agua fría (17°C). Estas dos especies se reflejan con una similitud de 0.7 en este estudio (*Figura 8*) y de igual manera tras un análisis con el índice de polusensibilidad se verificó un IPS de 2.5 indicando

## "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

mala calidad de agua. Esto respalda las localidades de las especies en aguas ligeramente eutróficas.

(Donkin, (1861) detalla que *Navicula gregaria* se encuentra en aguas dulces eutróficas, extendida en ríos y lagos de EE. UU específicamente en lugares de alto pH, alcalinidad y conductancia. De igual forma (Rovira, (2013) afirma que, en estuarios del Río Ebro-España, *Cocconeis euglypta* es una especie presente en ambientes acuáticos con alto contenido de materia orgánica, siendo indicador de diferentes rangos de salinidad, nutrientes y condiciones hidrológicas. *Navicula lanceolata* es una especie que prefieren aguas alcalinas ( $\text{pH} > 7$ ) y son dominantes en aguas mesotróficas y eutróficas (Noga T, 2014). Estas especies reflejaron una similitud de 0.8.

Además, el estudio de correlación con parámetros fisicoquímicos evidencia una relación de alcalinidad y fósforo, esto puede ser por presencia de agricultura o ganadería en la parte alta del río (Guilcatoma Macías, 2018). También se pudieron agrupar en un mismo cuadrante debido a que la alcalinidad tiene efecto de tampón en el agua y el fósforo se origina en forma de ortofostato y puede permanecer disponible para las plantas y algas, lo que puede conducir a problemas de eutrofización si hay un exceso de fósforo (Alania, 2023).

Sin embargo, también estuvo relacionada con la alta presencia de pH por tener asociación con actividades antropogénicas que existen en el lugar, un referente para este resultado es la presencia de la especie *Nitzschia brevissima* que se encuentra en el punto 1 con mayor abundancia, una de sus características según (Castillejo, (2022) es que prefiere aguas ligeramente eutróficas (210 uS/cm) con pH alcalino (8.6) y temperatura de agua fría (17°C). Esto sugiere que la composición de diatomeas está directamente influenciada por las

## **"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

condiciones fisicoquímicas del punto en estudio. Lugares con valores de nitritos, temperatura y oxígeno similares a P1, favorecen la presencia de esta especie. Por lo tanto, se puede inferir una correlación positiva entre número de diatomeas y las características ambientales como factores que regulan su distribución en el Río Pita.

Según la explicación de (Simbaña-Farinango & Yáñez-Jácome, (2019), en el punto 7 de su estudio referente al Río San Pedro se demostró que aguas debajo de la quebrada “La Merced” presentó un índice de calidad “medio”. Sin embargo, esto respalda la idea de que la contaminación del Río Pita, observada en este estudio, se ha acumulado en los últimos años ya que el río de origen estudiado empata con el Río San Pedro (*Figura 1*). El estudio sobre la comunidad de diatomeas presentes en cada punto completa la evaluación de la calidad biológica del agua durante períodos de tiempo específicos, no limitándose a una condición puntual que podría ser evidenciada mediante análisis fisicoquímicos.

### **5. CONCLUSIONES**

La investigación concluye con resultados que confirman la hipótesis alternativa: las diatomeas epilíticas son indicadores biológicos útiles para evaluar la calidad del agua, permitiendo detectar tendencias, la evolución de la contaminación, y estimar posibles impactos a mediano y largo plazo, aspectos que son cruciales para la gestión sustentable de los recursos hídricos.

El análisis reveló una amplia variedad de vida biológica y microscópica en el río Pita, encontrándose un total de 58 especies. Entre ellas se destacan *Rhoicosphenia abbreviata*, *Nitzschia soratensis*, *Navicula gregaria*, *Cocconeis euglypta* y *Navícula lanceolata*, que son indicadoras de ecosistemas eutrofizados. Estos hallazgos refuerzan la conclusión de que la

## **"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

calidad del agua en el Río Pita, en el Sector Cascada Cóndor Machay, se ve afectada negativamente por actividades antropogénicas.

La diversidad es media,  $H'$ : 2.46, dominancia baja con  $S$ : 0.85 y su equidad es heterogénea, la similitud del grupo 1 (punto 1 y 3) es de 0.7, las especies que se compartieron entre sí fueron *Rhoicosphenia abbreviata*, *Nitzschia soratensis* y *Planothidium lanceolatum*. Mientras que en el grupo 2 (punto 1 y 2) se evidenció una similitud de 0.8, comparten mayor cantidad de especies entre sí en particular *Nitzschia soratensis*, *Navicula lanceolata* y *Cocconeis euglypta*.

La fusión de parámetros fisicoquímicos y diatomeas epilíticas como bioindicadores, se complementan en este estudio, por lo que en esta investigación se resalta que la calidad del agua en la Cascada Condor Machay, es mala.

### **6. RECOMENDACIONES**

Se recomienda tener un muestreo de varios puntos a lo largo de la cuenca de río con la toma de parámetros fisicoquímicos, como sugerencia puede ser un análisis de metales pesados, ya que va a enriquecer la información de calidad de agua en los puntos de muestreo.

### **7. RECONOCIMIENTO**

Los reactivos y materiales de este trabajo fueron financiados por la DII proyecto P101617\_2.2 de la Universidad Internacional SEK, Ecuador; otros materiales y equipos fueron donados por la Corporación para la Investigación Energética del Ecuador.

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**8.BIBLIOGRAFÍA**

- Alania, F. D. (2023). Evaluación de la calidad del agua de la laguna El Oconal–Villa Rica (Pasco). Yotantsipanko, Villa rica (Pasco).
- Baquerizo, M. A. (2019). *Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes*. Obtenido de Revista de Investigación Científica.: <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/118/177>
- Barrenechea, A. M. (n.d.). Capítulo 1 Aspectos Fisicoquímicos de la Calidad del Agua.
- Blanco, S. (2010). GENERADOR DE NÚMEROS ALEATORIOS PARA RECUEENTOS EN MICROSCOPIA ELECTRÓNICA.
- Blanco, S. (2011). *Guía de las diatomeas*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10612/7009>
- Blanco, S. Á., & Cejudo, C. (2008). *A test on different aspects of diatom processing techniques. Journal of Applied Phycology, 20(4), 445-450*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9292-2>
- Blanco, S. B. ((2007). Evaluación de la calidad del.
- Braak C, t., & Verdonschot, P. (1995). Canonical correspondence analysis and related. *Aquatic Sciences*, págs. 16:311-316.
- C. M. (2009). Plan estratégico de la Cascada Cóndor Machay y Vilatuña. Quito: MINTUR.
- Castillejo, P. B.-T. ((2022). *DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LOS*. Quito-Ecuador: Coordinación Editorial UDLA.
- Cevallos, E. G. (Cevallos, Estuardo; Gomez, Liliana; Roldán, A. (2015). ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES EN EL CANTÓN LA CONCORDIA, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, ECUADOR. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes, 4(October 2016), 1–16* de 2015). ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES EN EL CANTÓN LA CONCORDIA, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, ECUADOR. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes, 1–16*.
- Chamorro, S. M. (2022). *The ecology of diatoms inhabiting cryoconite holes in Antisana Glacier, Ecuador. Journal of Glaciology, 60(267), 204-208*. Obtenido de <https://doi.org/10.1017/jog.2021.108>
- Coral. (2013). *Evaluación y Control de la contaminación de aguas residuales (Universidad Internacional Sek, Vol. Tomo 5)*. Quito-Ecuador.
- Dipak, P. (2017). *Research on heavy metal pollution of river Ganga*. Obtenido de A review. *Annals of Agrarian Science: <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.04.001>*

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

- Donkin, A. (1861). On the marine Diatomaceae of Northumberland with a description of several new species. Quarterly Journal of Microscopical Science, new series. *Diatoms of North America*.
- Dziengo-Czaja, M. K. (2008). Teratológica de diatomeas (Bacillariophyceae) as indicadores de contaminación de agua en el río Puck (Báltico del Sur).
- ECS, E. C. (2003). *Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers*.
- FONAG. (2014). *Fondo para la Protección del Agua*. Obtenido de Simulación Hidrológica en la cuenca alta del río Guayllabamba y unidades hídricas aportantes de agua para Quito. Enfoque Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.: <https://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2019/09/12-min.pdf>
- Franco León, P. F. (2018). Diatomeas Teratogénicas como organismos Bioindicadores de la Calidad del Agua del Río Tingo, Hualgayoc, Cajamarca. *Ciencia&Desarrollo*.
- Freile, J. y. (2009). La sublime y trágica historia del Valle del Pita. En *Una mirada diferente al Ecuador*. Terra Incónita N° (58).
- Gil Gómez, J. A. (07 de 10 de 2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa*. Obtenido de <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/1803>
- González, D. (2014). *Bioindicadores como aliados en el monitoreo de condiciones ambientales*. . Cegesti, (252), 1–4 .
- Guamán, U. M. (2016). Diatomeas epilíticas como indicadoras de calidad del agua en ambientes lénticos de la cuenca alta del río Machángara. . *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(2)., 53-62.
- Guilcatoma Macías, M. J. (2018). Identificación el grado de eutrofización en la microcuenca del Río Pita . Quito, Ecuador.
- Jacobsen, D. (2003). *Los ríos de la Sierra ecuatoriana son más sensibles a la contaminación*. Obtenido de Desafío: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/614>
- Jacobsen, D. (2008). *Tropical High-Altitude Streams. In Tropical Stream Ecology*. . Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-012088449-0.50010-8>
- Ji, Z. G. (2008). *HYDRODYNAMICS AND WATER QUALITY MODELING RIVERS, LAKES, AND ESTUARIES*. John Wiley & Sons.
- Leighton, A. L. (1986). *Distribucion of benthic algae in the upper Illinois River basin in relation to geology and land use*. 44(279), 301 p.

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

- Levkov, Z., Caput Mihalic, K., & Ector, L. (2010). A taxonomical study of *Rhoicosphenia Grunow* (Bacillariophyceae) with a key for identification of selected taxa. *Researchgate*, 145-200.
- Liñero, I. B. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. *Cuadernos de Investigación UNED* 8(1), 69–75.
- Lobo, E. A. (2016). *Epilithic diatom community for assessing the trophic status of subtropical and temperate lotic systems in Brazil*. Brazil, Brazil: Brazilian Journal of Biology, 76(4), 942-953.
- Lobo, E. W. (2014). *Diatomaceas Epilíticas como Indicadores Da Qualidade Da Agua Em Sistemas Lóticos Subtropicais E Temperados Brasileiros*. Santa Cruz de Brasil: EDUNISC. (1ra ed., Vol.549.8).
- M.G Kelly, T. R. (2015). Characterizing the niches of two very similar *Nitzschia* species and implications for ecological assessment. *Diatom Research*, 24-33.
- Machado, J. (13 de 02 de 2020). *Primicias*. Obtenido de El Periodismo Comprometido: [primicias.ec/noticias/sociedad/rios-contaminacion-quito-agua/](http://primicias.ec/noticias/sociedad/rios-contaminacion-quito-agua/)
- Medlin, L. &. (03 de Septiembre de 2004). *Evolution of the diatoms: V. Morphological and*. Obtenido de Phycologia: <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-43-3-245.1>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial 097 A. págs. 15-16.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). *Plan de Manejo Adaptativo REA*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Plan-de-Manejo-Adaptativo-SAP-Pita.pdf>
- Noga T, N. K.-T. (2014). DIATOMS (BACILLARIOPHYCEAE) IN RIVERS AND STREAMS AND ON CULTIVATED SOILS OF THE PODKARPACIE REGION IN THE YEARS 2007-2011. *Journal Ecological Engineering*, 18-22.
- Osorio, C. (2024). .Aplicación de macroinvertebrados bentónicos para determinar los niveles de contaminación orgánica del río Ichu–Huancavelica.
- Paul, D. (2017). *Research on heavy metal pollution of river Ganga*. Obtenido de A review. *Annals of Agrarian Science*: <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.04.001>
- Peterson C. G., B. A. (1999). *Stream permanence influences microalgae food availability to grazing tadpoles in arid-zone springs*. *Oecology* 118,340-352.
- Potapova, M. (13 de marzo de 2024). *Rhoicosphenia abbreviata*. Obtenido de En Diatomeas de América del Norte: [https://diatoms.org/species/rhoicosphenia\\_abbreviata](https://diatoms.org/species/rhoicosphenia_abbreviata)
- Quinteros, F. (2020). Diatomeas: las microscópicas algas y “pulmones” de la Tierra que debes conocer. *Ladera Sur*, 4.

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

- Richmond, A. (2004). *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. (Primera ed). USA.
- Rovira, L. (2013). The ecology and taxonomy of estuarine benthic diatoms and their use as bioindicators in a highly stratified estuary (Ebro Estuary, NE Iberian Peninsula): a multidisciplinary approach. *Universitat de Barcelona-Departament d' Barcelona*, 85, 86, 87.
- Simbaña-Farinango, R.-E. G., & Yáñez-Jácome, D. B. (2019). EVACUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA (ECUADOR), IMPLICACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE. *ResearchGate*.
- Stevenson, R. J. (1999). *Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*.
- Talling, J. (2010). *pH, the CO<sub>2</sub> System and Freshwater Science*. Obtenido de <https://doi.org/10.1608/FRJ-3.2.156>.
- USEPA. (2011). *A Primer on Using Biological Assessments to Support Water Quality Management*. Obtenido de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-10/documents/primer-using-biological-assessments.pdf>
- Vasistha, P. &. (2020). *Proceedings Water quality assessment of natural lakes and its importance: An overview. Materials Today: Proceedings*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.092>
- Vuille, M. B. (2000). *Mean annual temperature trends and their vertical structure in the tropical Andes*. Obtenido de *Geophysical Research Letters* 27 (23), 3885-3888 : [https://doi.org/10.1029/2000GL11871\\*\\*](https://doi.org/10.1029/2000GL11871**)
- Zhang, Y. D. (2010). *Impacts of land use and water quality on macroinvertebrate communities in the Pearl River drainage basin, China*. Obtenido de 652(1), 71–88.: <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0320-x>
- Zhang, Y. D. (n,d). *Impacts of land use and water quality on macroinvertebrate communities in the Pearl River drainage basin, China*. Obtenido de *Hydrobiologia*, 652(1), 71–88.: <https://doi.org/10.1007/>

# "DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"

## 9. ANEXOS

### ANEXO 1. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio <sup>(1)</sup>	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total <sup>(2)</sup>	NH <sub>3</sub>	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles <sup>(3)</sup>		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohidricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,2	
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO <sub>5</sub>	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condicion natural	-

<sup>(1)</sup> Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l

<sup>(2)</sup> Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce

<sup>(3)</sup> Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 ug/l

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**ANEXO 2. Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto primario**

<b>TABLA 7: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO PRIMARIO*</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>
Parásitos Nemátodos Intestinales			Ausencia
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	200
Coliformes Totales	NMP	NMP/100 ml	2000
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Grasas y aceites	Película visible		Ausencia
Material Flotante	Visible		Ausencia
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	>80% OD Sat.
pH	pH		6,5 - 8,3
Relación Nitrógeno-Fósforo Orgánico			15:1
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
La visibilidad al disco Secchi será de por lo menos 2m de profundidad			
*Siempre y cuando no se refiera a piscinas.			

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR  
MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**ANEXO 3. Tabla general de conteo de individuos por punto con índices de polusensibilidad.**

	<i>Especies</i>	PUNTO 1			PUNTO2			PUNTO 3			PUNTO 4			Ai	Ai %	Índice de Polusensibilidad			
		P1	P1. 1	Abundancia Total	P2	P2. 1	Abundancia Total	P3	P3. 1	Abundancia Total	P4	P4. 1	Abundancia Total	TOTAL	%	S	V	Aj*Sj* Vj	Sj*Vj
1.	<i>Achnanthes inflata</i>	4	0	4	0	1	1	2	3	1	0	1	9	0,3	4	3	3,4	12	
2.	<i>Achnanthes spl</i>	2	2	4	0	0	2	1	3	1	0	1	8	0,3	4,8	2	2,4	9,6	
3.	<i>Amphora copulata</i>	2	3	5	0	0	1	0	1	0	0	0	6	0,2	4	2	1,5	8	
4.	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	4	1	5	0	0	1	1	2	1	0	1	8	0,3	4,8	1	1,2	4,8	
5.	<i>Cocconeis euglypta</i>	16	14	30	25	29	50	62	112	39	36	75	271	8,5	3,6	1	30,5	3,6	
6.	<i>Cymbella tumida</i>	1	3	4	5	1	2	3	5	1	0	1	16	0,5	0	0	0,0	0	
7.	<i>Diadsmis arcuatoides</i>	8	2	10	0	0	3	1	4	0	0	0	14	0,4	0	0	0,0	0	
8.	<i>Diatoma moniliformis</i>	3	3	6	2	5	0	8	8	2	4	6	27	0,8	4	2	6,8	8	
9.	<i>Diploneis ovalis</i>	5	1	6	0	0	3	2	5	1	0	1	12	0,4	4	2	3,0	8	
10.	<i>Encyonema leibleinii</i>	2	1	3	0	0	3	1	4	0	0	0	7	0,2	0	0	0,0	0	
11.	<i>Encyonema minutum</i>	0	1	1	0	0	3	2	5	1	0	1	7	0,2	4	2	1,8	8	
12.	<i>Encyonema silesiacum</i>	1	3	4	5	1	2	1	3	1	0	1	14	0,4	5	2	4,4	10	
13.	<i>Encyonema silesiacum var. excisa</i>	3	4	7	0	0	0	1	1	0	0	0	8	0,3	0	0	0,0	0	
14.	<i>Encyonema spl</i>	4	5	9	0	0	0	1	1	0	0	0	10	0,3	5	2	3,1	10	
15.	<i>Epithemia spl</i>	3	4	7	11	2	8	12	20	3	6	9	49	1,5	5	2	15,3	10	
16.	<i>Epithemia sp2</i>	9	4	13	0	0	3	0	3	0	0	0	16	0,5	5	2	5,0	10	
17.	<i>Eunotia spl</i>	5	2	7	0	0	4	0	4	0	0	0	11	0,3	5	1	1,7	5	
18.	<i>Eunotia praerupta</i>	2	1	3	0	0	1	1	2	0	0	0	5	0,2	1	3	0,5	3	
19.	<i>Fragilaria spl</i>	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0,1	1	3	0,2	3	

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR  
MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

2																			
0.	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	1	1	2	0	0	0	1	2	3	0	1	1	6	0,2	3,4	1	0,6	3,4
2																			
1.	<i>Frankophila similoides</i>	3	2	5	0	0	0	1	3	4	0	0	0	9	0,3	0	0	0,0	0
2																			
2.	<i>Frankophila sp1</i>	3	2	5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	6	0,2	1	3	0,6	3
2																			
3.	<i>Frutulia vulgaris</i>	2	8	10	0	0	0	0	2	2	1	0	1	13	0,4	4	3	4,9	12
2																			
4.	<i>Gomphonema acuminatum</i>	2	3	5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	6	0,2	4	3	2,3	12
2																			
5.	<i>Gomphonema angustatum</i>	1	4	5	0	0	0	1	1	2	0	0	0	7	0,2	0	0	0,0	0
2																			
6.	<i>Gomphonema aff. netriviale</i>	2	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,2	0	0	0,0	0
2																			
7.	<i>Gomphonema gracile</i>	0	2	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	0,1	4,2	1	0,4	4,2
2																			
8.	<i>Gomphonema sp1</i>	12	1	13	1	15	16	10	18	28	13	23	36	93	2,9	3,6	1	10,5	3,6
2																			
9.	<i>Gomphonema truncatum</i>	4	0	4	0	0	0	0	1	1	0	1	1	6	0,2	4	1	0,8	4
3																			
0.	<i>Gomphonema parvulum</i>	4	0	4	0	0	0	0	2	2	0	0	0	6	0,2	1	3	0,6	3
3																			
1.	<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	0	1	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	3	0,1	3,5	1	0,3	3,5
3																			
2.	<i>Hannea arcus</i>	2	3	5	0	0	0	1	1	2	4	2	6	13	0,4	5	2	4,1	10
3																			
3.	<i>Hannea arcus teratogénica</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0,03	5	2	0,3	10
3																			
4.	<i>Luticola sp1</i>	2	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	1	4	0,1	2,9	2	0,7	5,8
3																			
5.	<i>Navicula gregaria</i>	46	75	121	31	19	50	42	36	78	18	12	30	279	8,7	3,4	1	29,6	3,4
3																			
6.	<i>Navicula lanceolata</i>	5	24	29	67	57	124	36	37	73	21	18	39	265	8,3	3,8	1	31,5	3,8
3																			
7.	<i>Navicula sp1</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,03	3,2	2	0,2	6,4

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

3																			
8.	<i>Navícula trimpuctata</i>	2	5	7	0	0	0	2	0	2	0	1	1	10	0,3	1	3	0,9	3
3																			
9.	<i>Nitzschia dissipata</i>	1	0	1	0	3	3	8	3	11	1	3	4	19	0,6	1	3	1,8	3
4																			
0.	<i>Nitzschia brevissima</i>	40	30	70	12	15	27	10	20	30	10	10	20	147	4,6	1	3	13,8	3
4																			
1.	<i>Nitzschia claussii</i>	1	0	1	0	2	2	0	1	1	0	1	1	5	0,2	2,8	3	1,3	8,4
4																			
2.	<i>Nitzschia communis</i>	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0,1	1	3	0,3	3
4																			
3.	<i>Nitzschia linearis</i>	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0,1	3	2	0,8	6
4																			
4.	<i>Nitzschia palea var. debilis</i>	1	0	1	0	0	0	0	2	2	0	2	2	5	0,2	3	1	0,5	3
4																			
5.	<i>Nitzschia scalpelliformis</i>	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,1	3	1	0,2	3
4																			
6.	<i>Nitzschia soratensis</i>	60	52	112	72	49	121	80	70	150	60	55	115	498	15,6	1	3	46,7	3
4																			
7.	<i>Nitzschia sp1</i>	2	5	7	17	8	25	6	12	18	7	5	12	62	1,9	1	2	3,9	2
4																			
8.	<i>Nitzschia sp2</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	3	1	1	2	5	0,2	1	2	0,3	2
4																			
9.	<i>Nitzschia sp3</i>	0	0	0	0	0	0	1	3	4	1	0	1	5	0,2	1	2	0,3	2
5																			
0.	<i>Odontidium mesodon</i>	2	0	2	2	3	5	5	1	6	0	1	1	14	0,4	0	0	0,0	0
5																			
1.	<i>Orthoseria roseana</i>	1	0	1	2	0	2	1	0	1	1	1	2	6	0,2	5	2	1,9	10
5																			
2.	<i>Pinnularia saprophilum</i>	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	0	0	3	0,1	3	2	0,6	6
5																			
3.	<i>Planothidium lanceolatum</i>	41	31	72	12	17	29	15	15	30	13	10	23	154	4,8	0	0	0,0	0
5																			
4.	<i>Reimeria sinuata</i>	12	2	14	1	0	1	5	7	12	14	5	19	46	1,4	1	3	4,3	3
5																			
5.	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	66	89	155	13	17	306	77	57	134	17	19	361	956	29,9	4	1	119,5	4

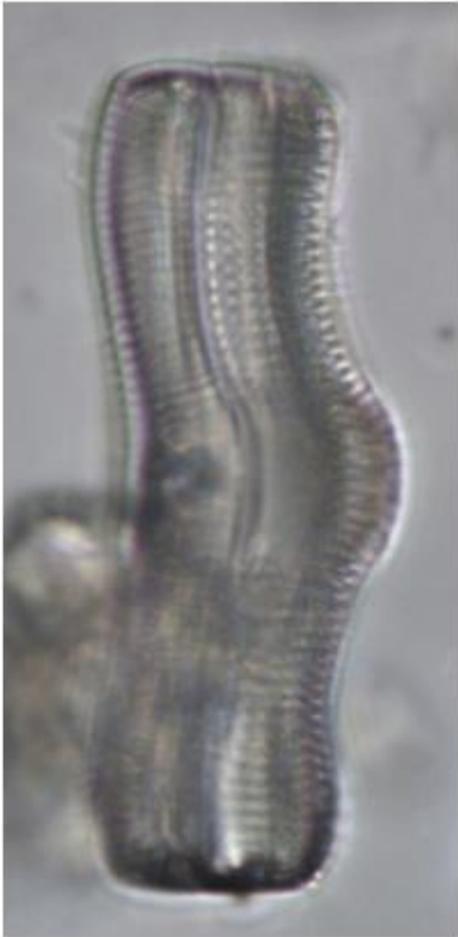
**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR  
MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

5																			
6.	<i>Sellaphora spl</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,03	4,5	2	0,3	9
5																			
7.	<i>Surirella brebissonii</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0,1	1	3	0,2	3
5																			
8.	<i>Ulnaria ulna</i>	0	2	2	0	0	0	2	1	3	12	10	22	27	0,8	3	1	2,5	3
																<b>IPS</b>		367,8	280,5
	<b>TOTAL, DE INDIVIDIOS</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>800</b>	<b>3200</b>	<b>100,0</b>													

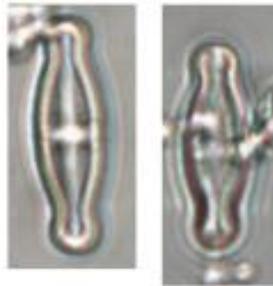
**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

**ANEXO 4. Imágenes de variedades de diatomeas encontradas en el Río Pita-Sector Cascada Cóndor Machay**

Lámina 1



1



2-3



4

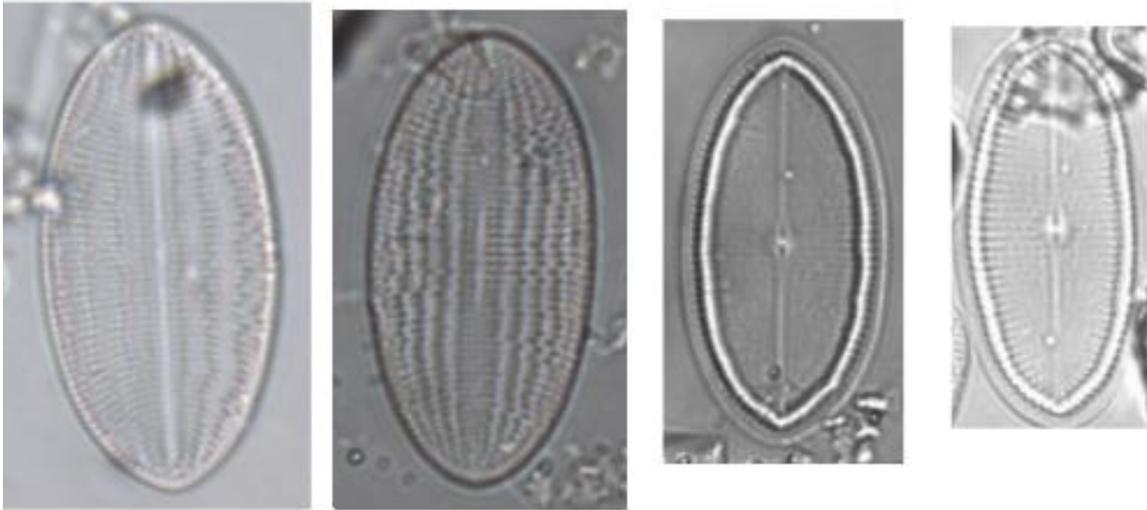


5

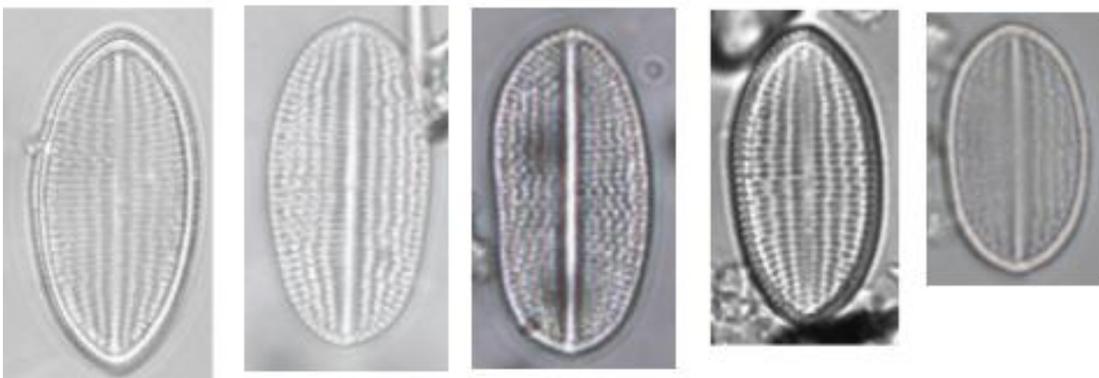
**1 *Achnanthes inflata*, 2-3 *Achnanthes sp1*, 4 *Amphora copulata*, 5 *Aulacoseira muzzanensis*.**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADE CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Lámina 2



1-4

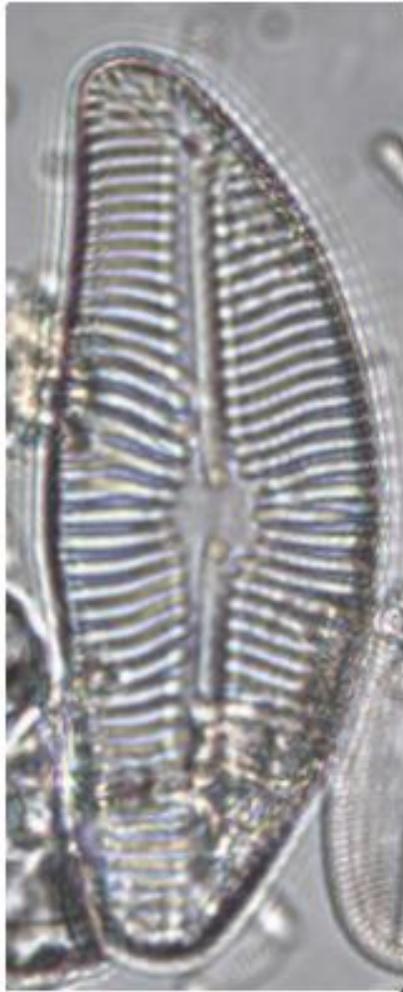


5-9

**1-9 *Cocconeis euglypta***

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Lámina 3



1-2



3



4-5



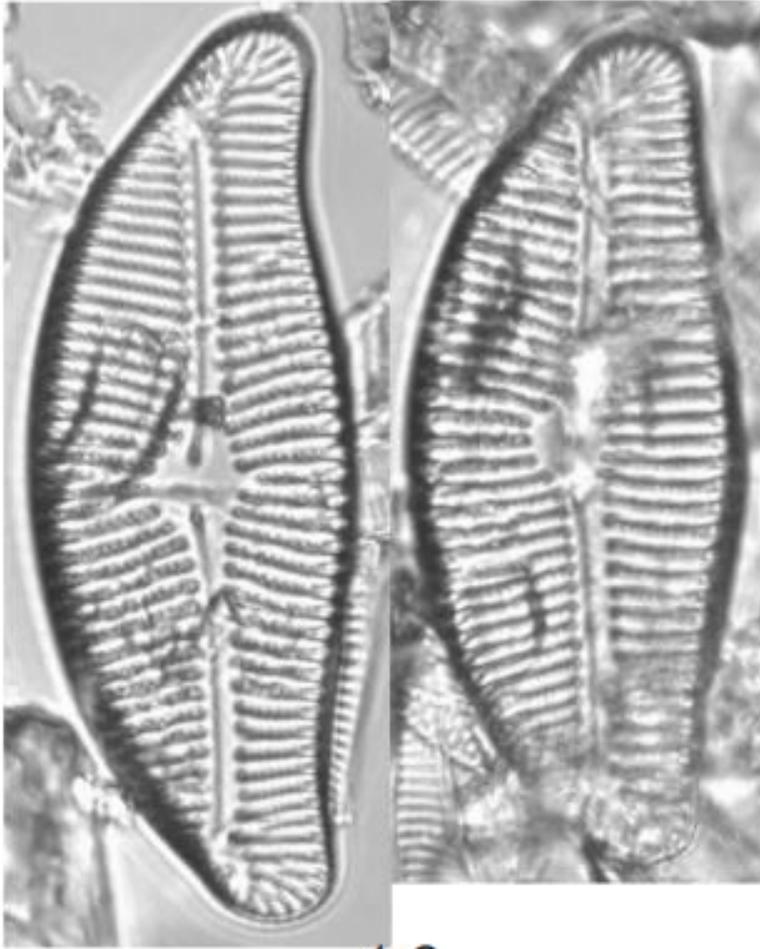
6-7



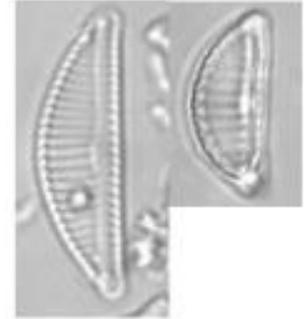
**1-2 *Cymbella tumida*, 3 *Diadesmis arcuatoides*, 4-5 *Diatoma moniliformis*, 6-7 *Diploneis ovalis***

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

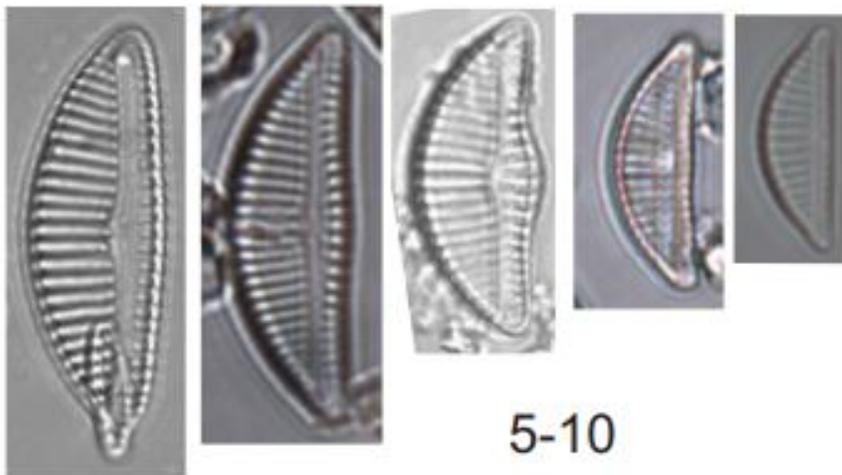
Lámina 4



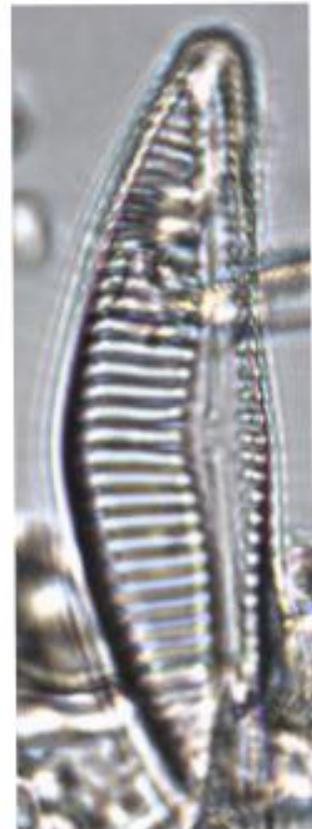
1-2



3-4



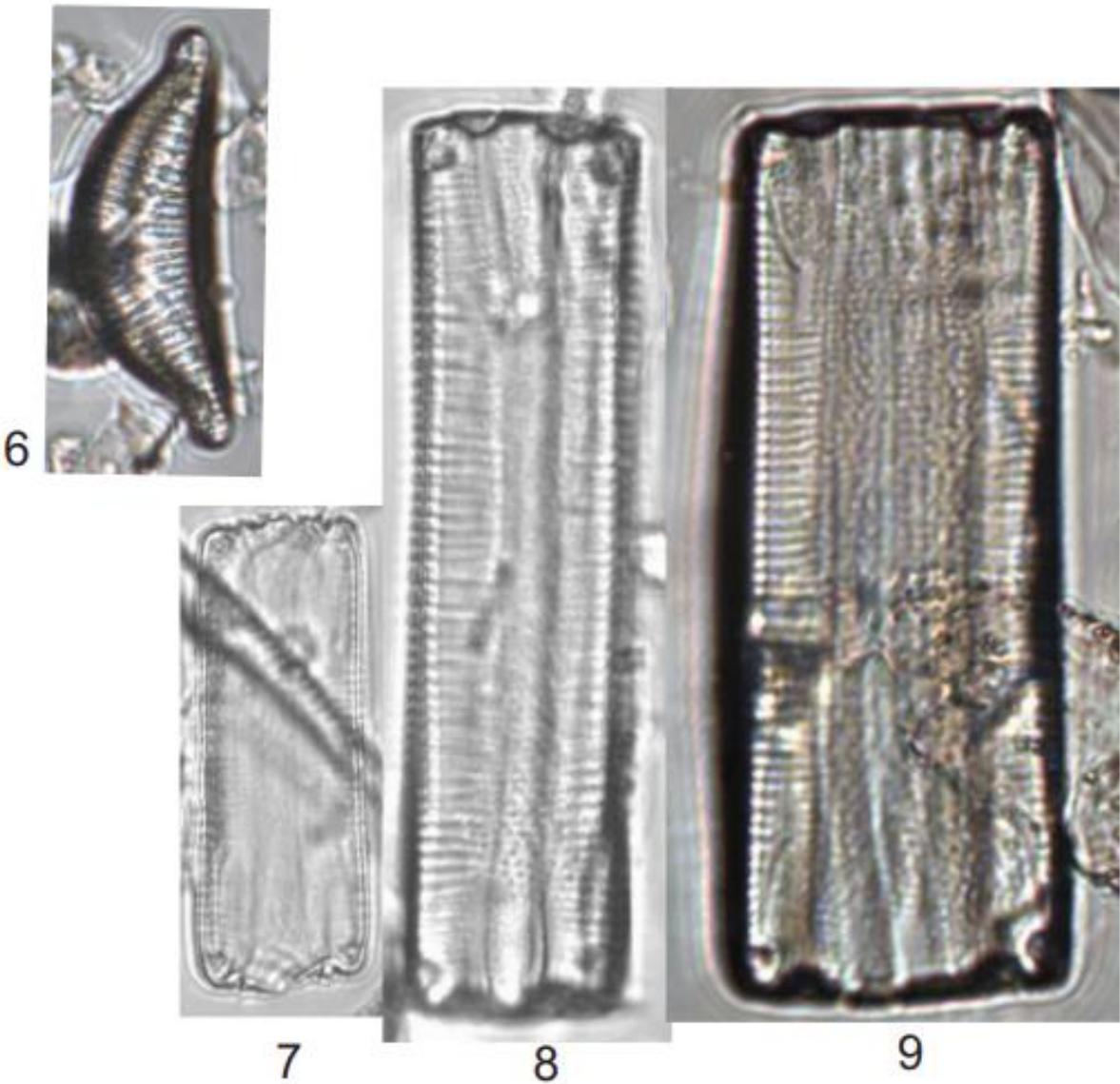
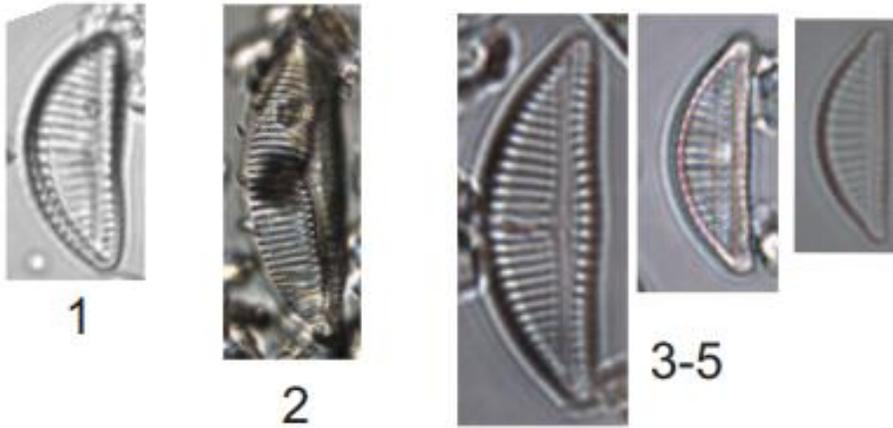
5-10



**1-2 *Encyonema leibleinii*, 3-4 *Encyonema minutum*, 5-10 *Encyonema silesiacum***

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCA DA CÓNDR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

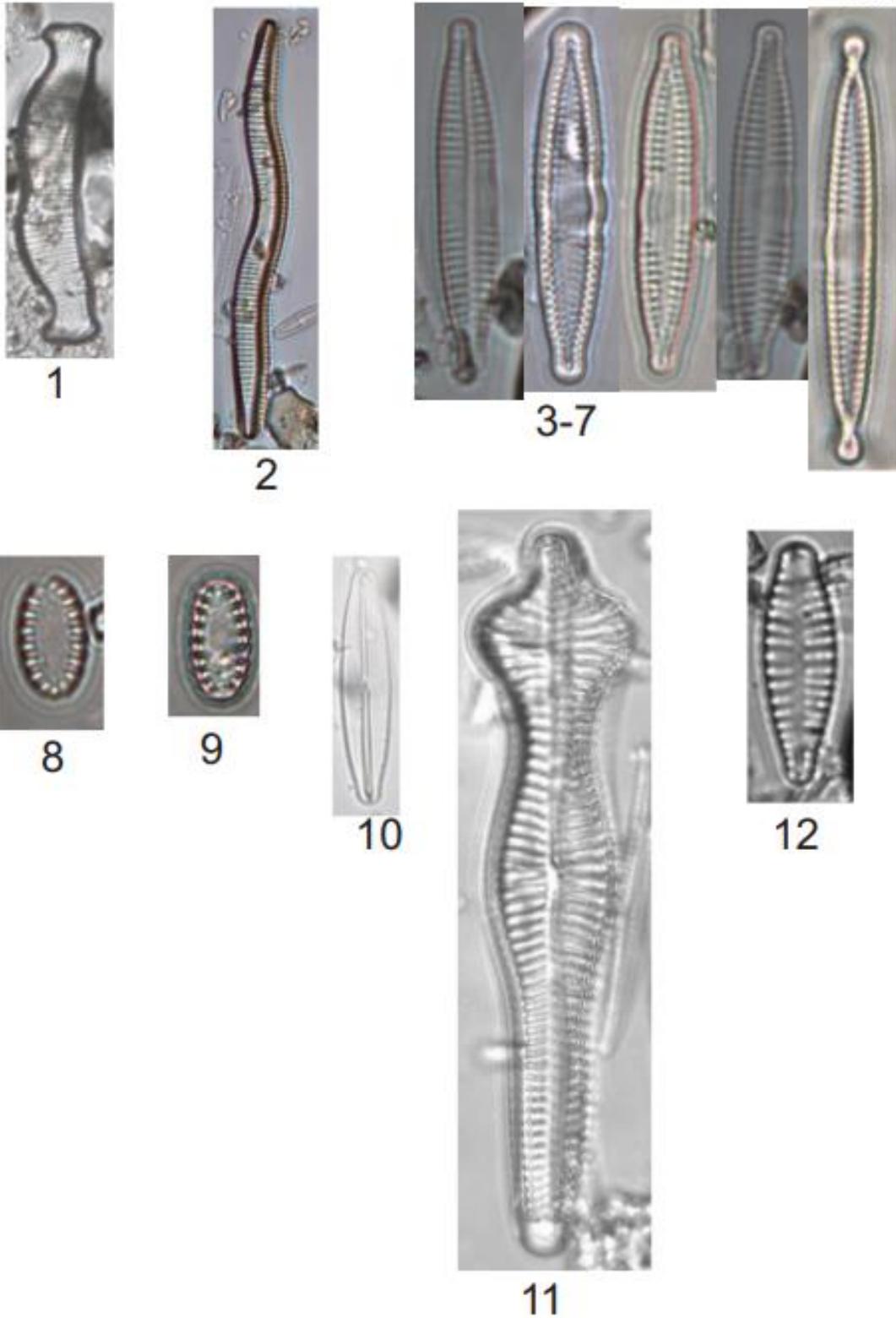
Lámina 5



**1 *Encyonema silesiacum* var. *excisa*, 2 *Encyonema* sp1, 3-5 *Epithemia* sp1, 6 *Epithemia*  
7-9 *Eunotia* sp1**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

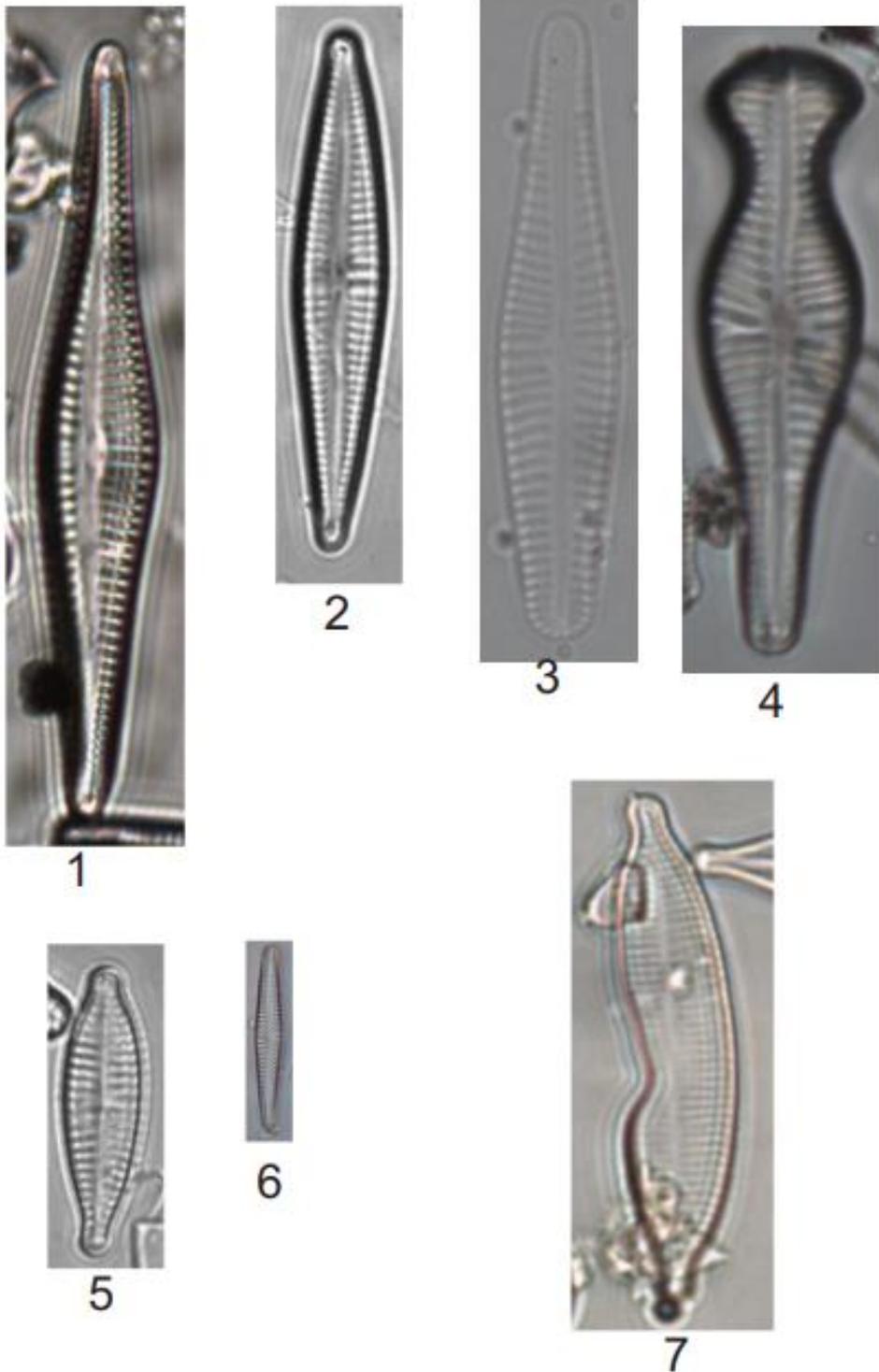
Lámina 6



**1 *Eunotia praerupta*, 2 *Fragilaria* sp1, 3-7 *Fragilaria vaucheriae*, 8 *Frankophila similoides*,  
9 *Frankophila* sp1, 10 *Frutulia vulgaris*, 11 *Gomphonema acuminatum*, 12 *Gomphonema angustatum*.**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Lámina 7



**1 Gomphonema aff. netriviale, 2 Gomphonema gracile, 3 Gomphonema sp1, 4 Gomphonema truncatum  
5 Gomphonema parvulum, 6 Gomphonema pumilum var. rigidum, 7 Hannea arcus teratogénica**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCA DA CÓNDR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Lámina 8



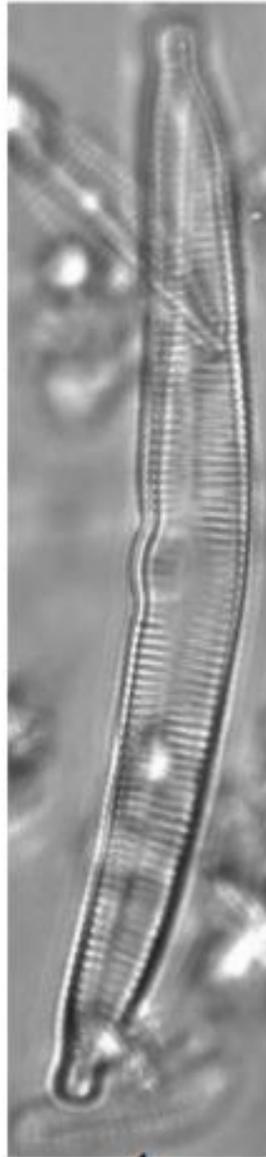
1



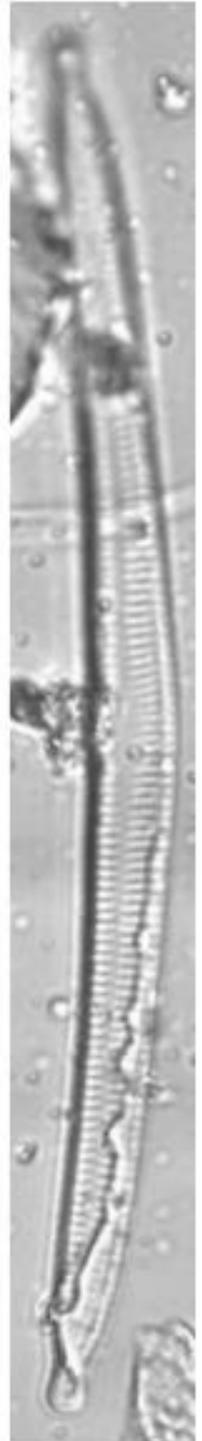
2



3



4



5

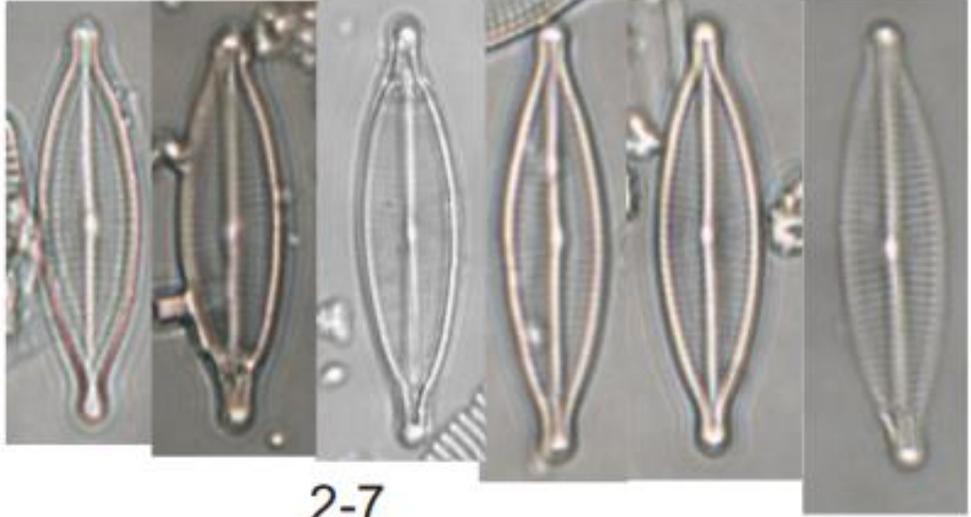
**1-5 *Hannea arcus*.**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDOR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

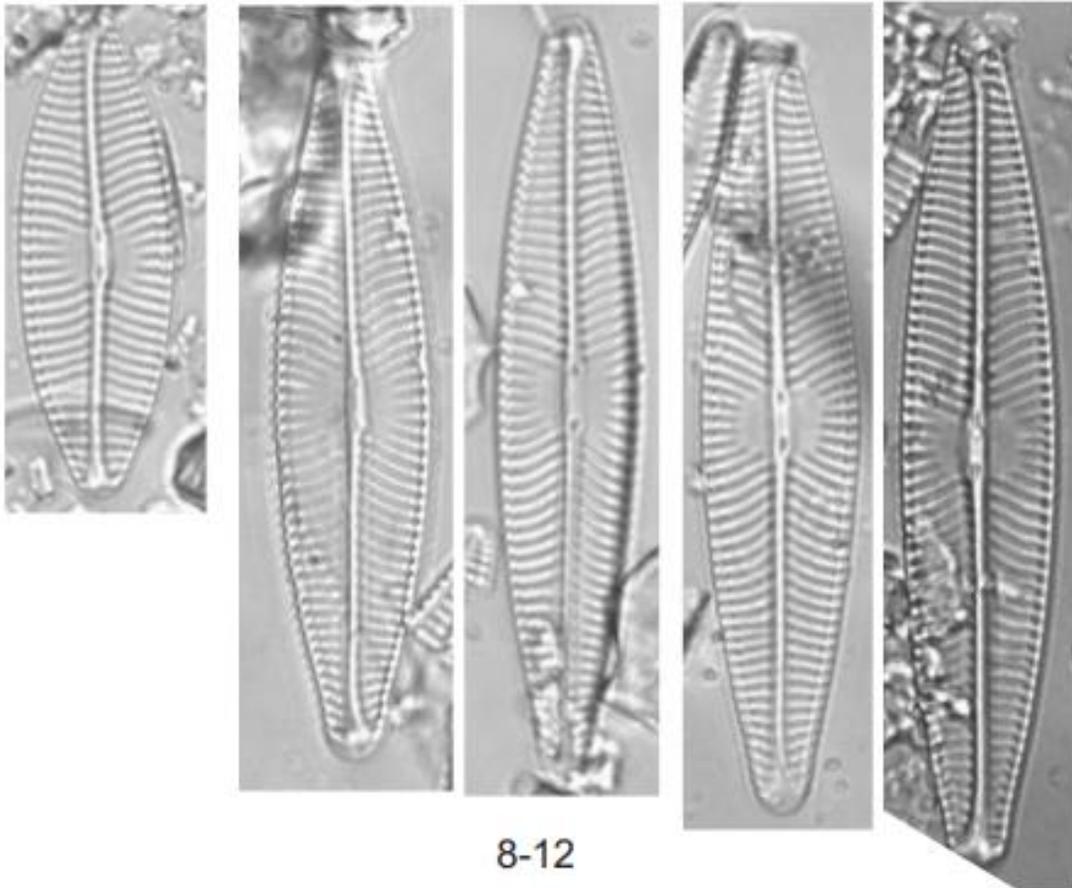
Lámina 9



1



2-7



8-12

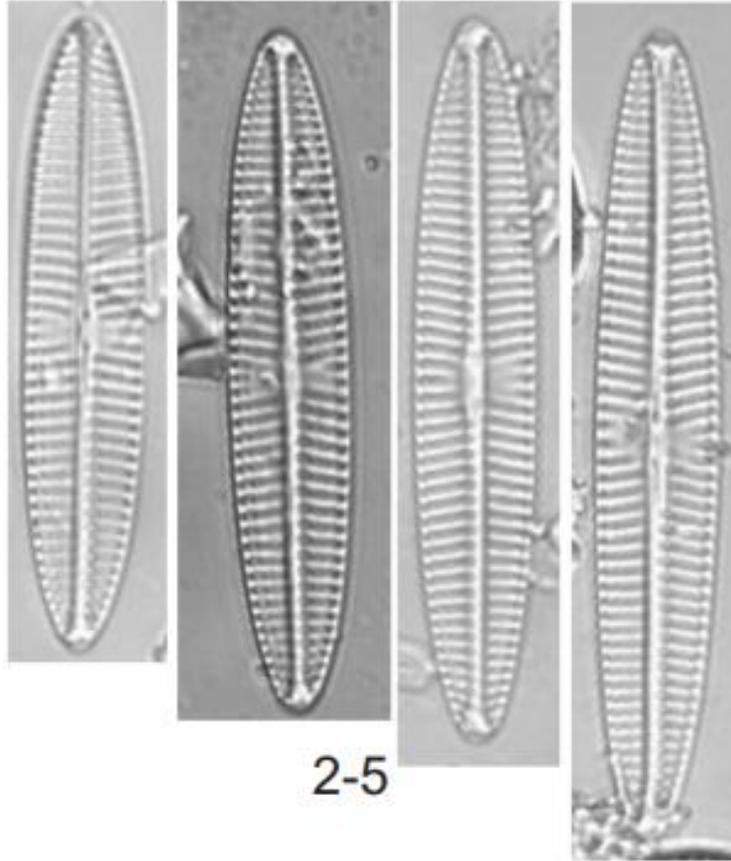
**1 *Luticola* sp1, 2-7 *Navicula gregaria*, 8-12 *Navicula lanceolata***

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

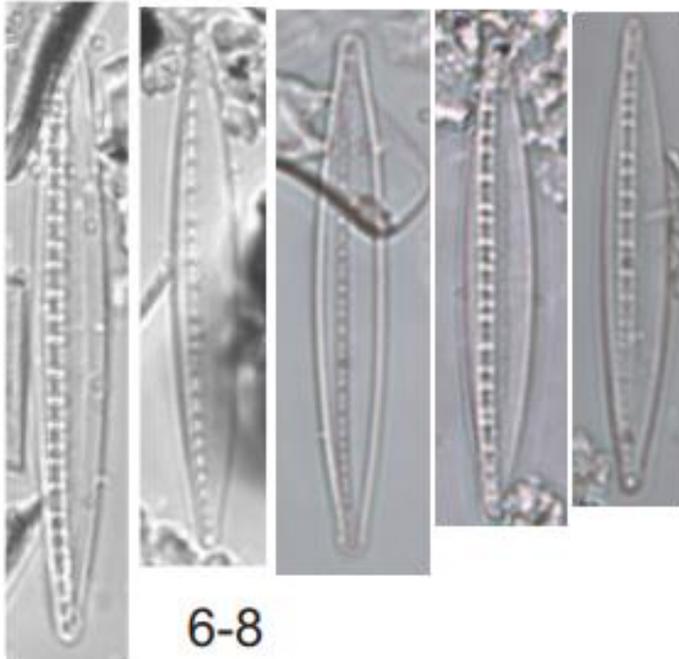
Lámina 10



1



2-5

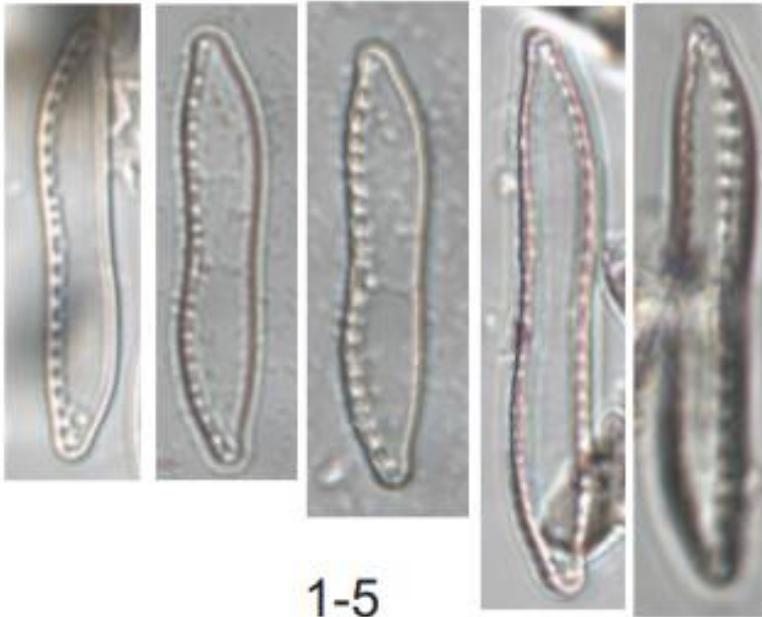


6-8

**1 *Navicula* sp1, 2-5 *Navicula trimpunctata*, 6-10 *Nitzschia dissipata*.**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Lámina 11



1-5



6-7



8



9

**1-5 *Nitzschia brevissima*, 6-7 *Nitzschia claussii*. 8 *Nitzschia communis*, 9 *Nitzschia linearis*.**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

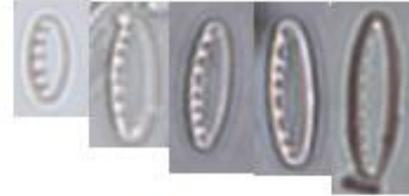
Lámina 12



1-3



4



5-9



10



11

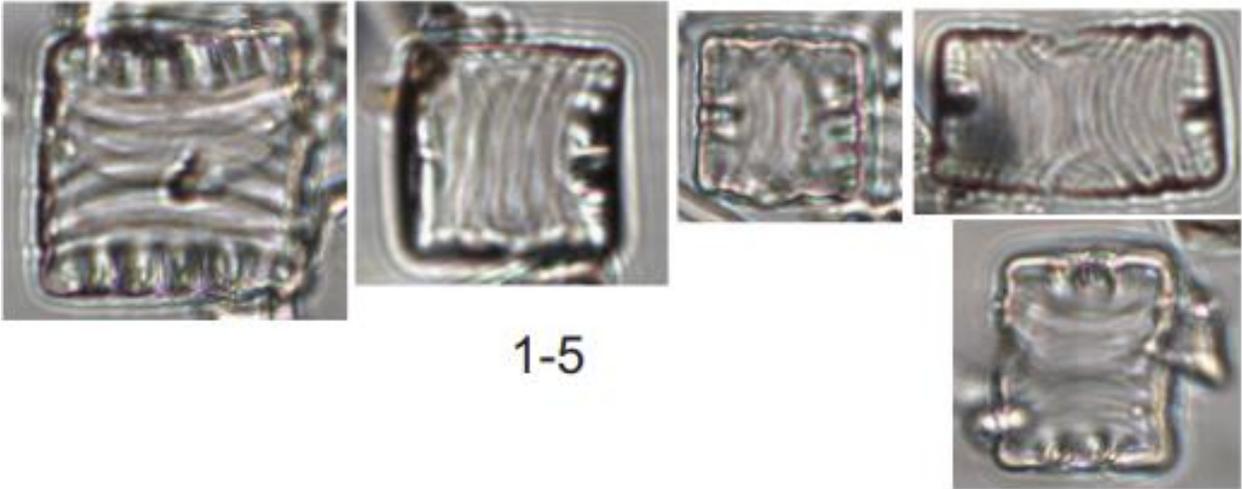


12

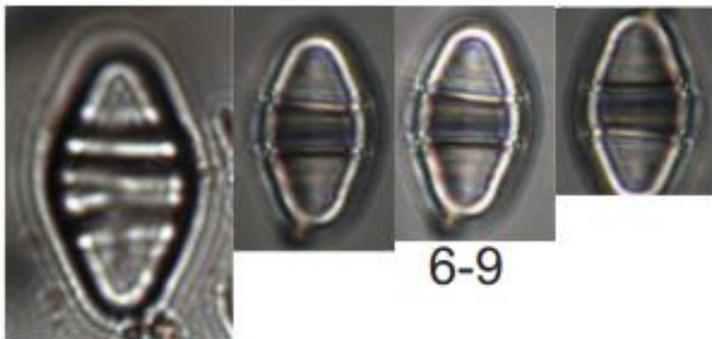
**1-3 *Nitzschia palea* var. *debilis*, 4 *Nitzschia scalpelliformis*, 5-9 *Nitzschia soratensis*, 10 *Nitzschia* sp1, 11 *Nitzschia* sp2, 12 *Nitzschia* sp3**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Lámina 13



1-5



6-9



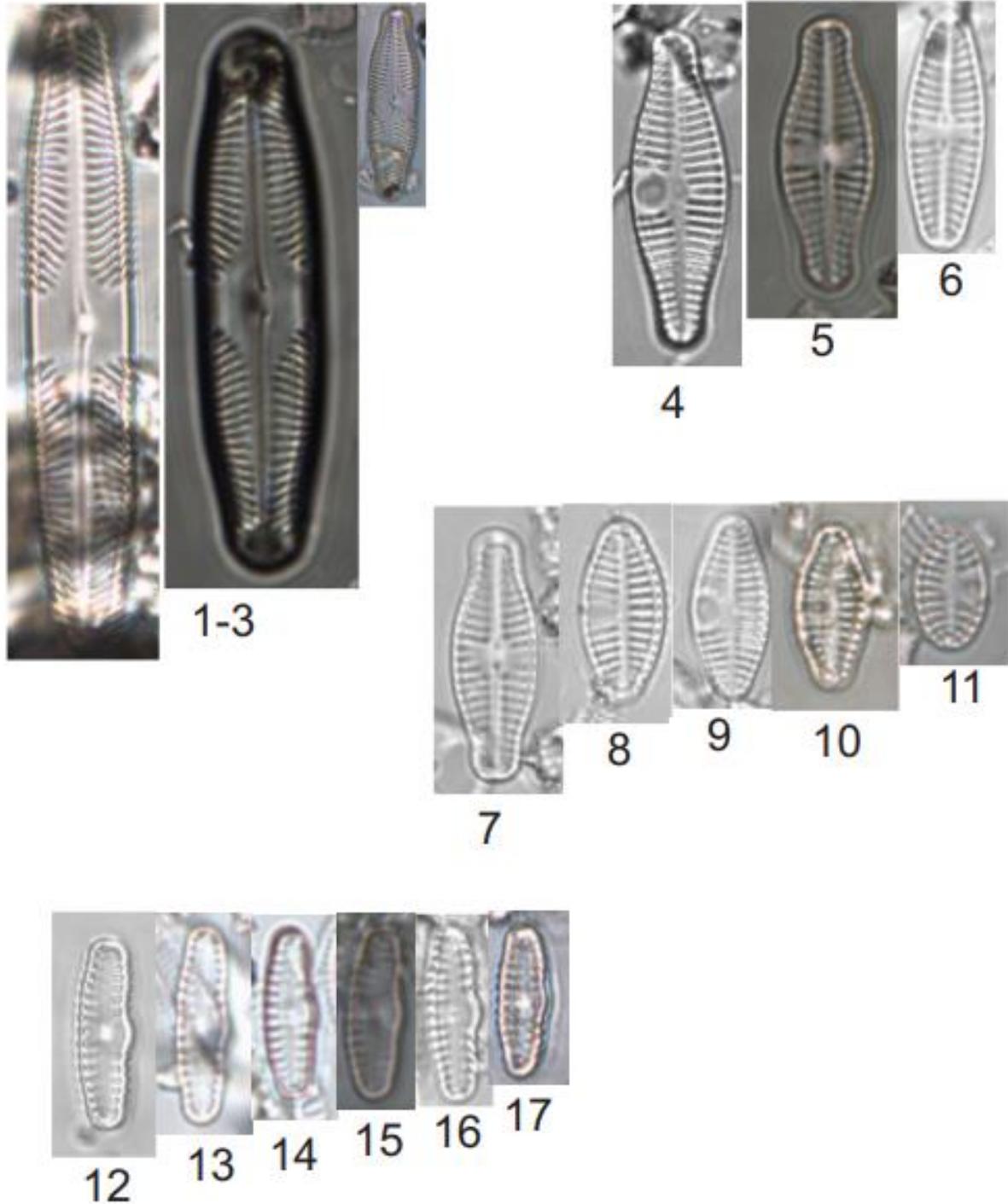
10

**1-5 *Odontidium mesodon* (plano pleural), 6-9 *Odontidium mesodon* (plano valvar).**

**10 *Orthoseira roseana***

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

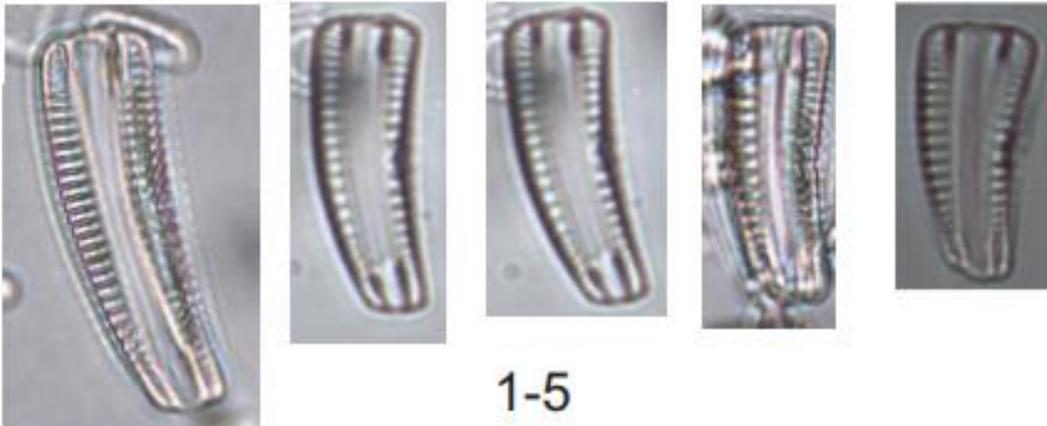
Lámina 14



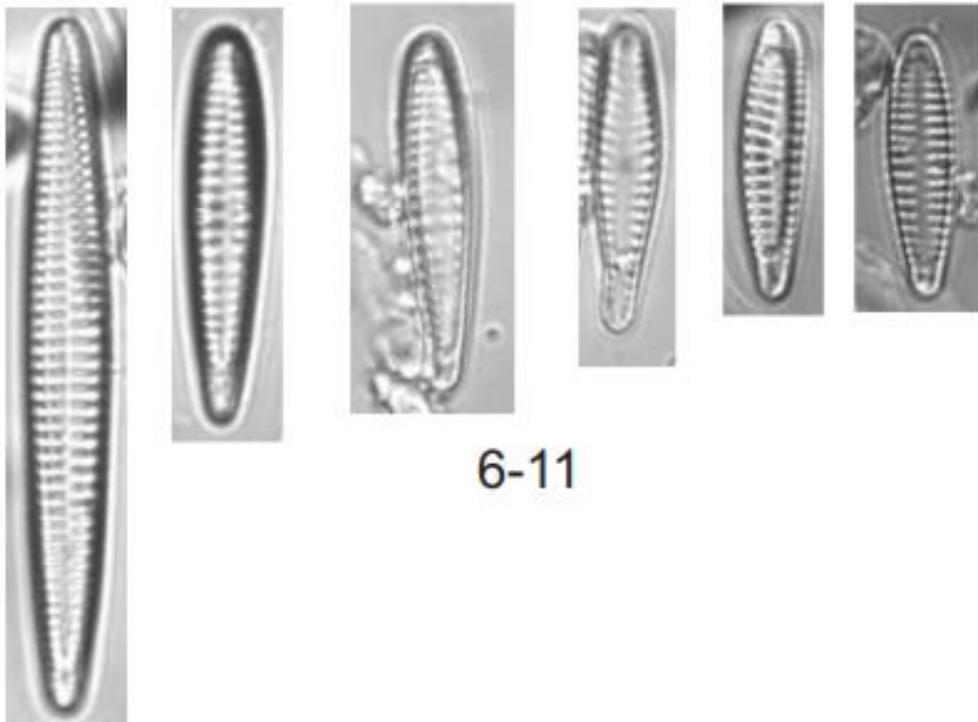
**1-4 *Pinnularia saprophilum*, 4-11 *Planothidium lanceolatum*, 12-17 *Reimeria sinuata*.**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

Lámina 15



1-5



6-11

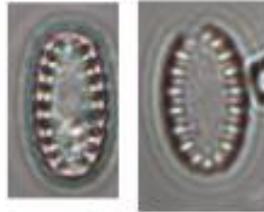
**1-5 *Rhoicosphenia abbreviata* (plano pleural), 6-11 *Rhoicosphenia abrebbiata* (plano valvar).**

**"DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PITA, SECTOR CASCADA CÓNDROR MACHAY, PICHINCHA ECUADOR"**

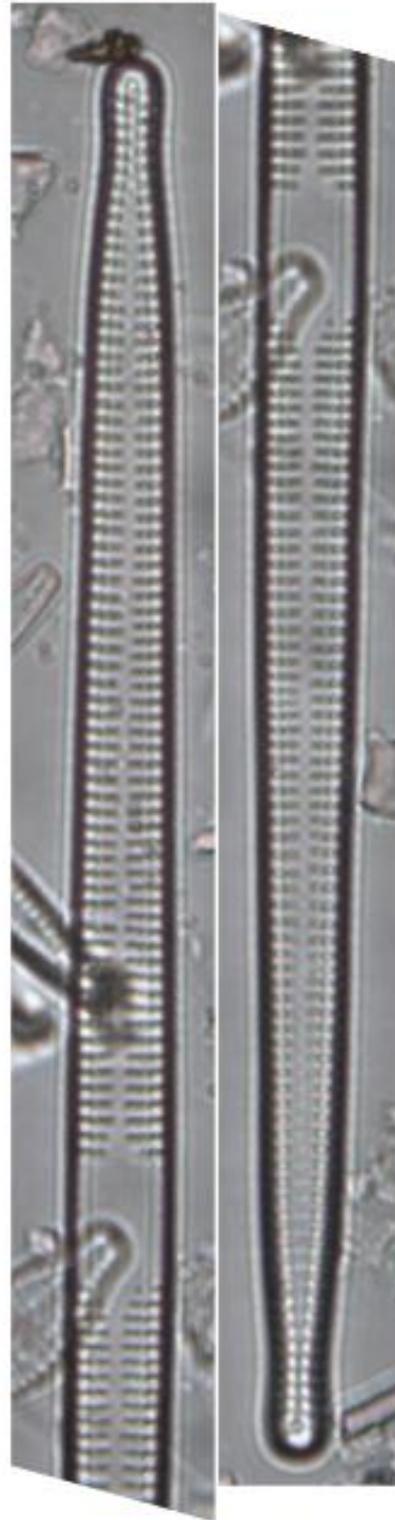
Lámina 16



1



2-3



**1 *Sellaphora sp1*, 2-3 *Surirella brebissonii*, 4 *Ulnaria ulna*.**