



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL
VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR”**

Realizado por:

DAYANA MICHELLE ESTRADA VILLARES

Director del proyecto:

MSc. JENNIFER PAOLA MOYÓN DÁVILA

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

Quito, 10 de abril de 2024

**DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL
VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR**

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, DAYANA MICHELLE ESTRADA VILLARES, con cédula de identidad # 172533464-1, 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

172533464-1

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR”

Realizado por:

DAYANA MICHELLE ESTRADA VILLARES

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA

ha sido dirigido por la profesora

MSc. JENNIFER MOYÓN

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Firmado electrónicamente por:
**JENNIFER PAOLA
MOYON DAVILA**

FIRMA

**DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL
VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR**

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

JOSÉ RUBÉN RAMÍREZ

GIANINA SUÁREZ

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



FIRMA



FIRMA

Quito, 10 de abril de 2024

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

DEDICATORIA

A mis padres, Abel y Gloria, por ser un pilar en este camino, este trabajo es fruto de su dedicación y aliento.

A mi hermano Alexander, por inspirarme a superar los retos y ser mi fuente de fuerza.

A mi hermano y colega Carlitos, gracias por compartir risas, desafíos y momentos de aprendizaje. Tu amistad en este viaje es lo más preciado que llevaré de por vida.

A Johnny, por darme palabras de aliento cuando más lo necesitaba, este logro es tuyo y mío.

A mis compañeros de CRISGAPAN, por mostrar su comprensión y apoyo en esta faceta de estudio y trabajo.

A todos ustedes, amigos y familia gracias por ser parte de este viaje y por creer firmemente en mí. Este logro no habría sido posible sin su apoyo, amor y amistad.

Con gratitud, Dayana.

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI) por ayudarme a poner en práctica mis conocimientos adquiridos.

A STARLABS, Paula Salazar por confiar en mí y darme todo el espacio para aprender.

A mi tutora, Jennifer Moyón por apoyarme desde un inicio y darme esas palabras de aliento en todo este proceso.

A mis profesores de la UISEK, por heredar su conocimiento.

A todo el personal de la UISEK, por hacer este sueño posible y estar a la disposición de nosotros.

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Resumen

El estudio radica en la escasa diversidad de diatomeas que se pueden encontrar en el glaciar, debido a falta de información y como consecuencia del derretimiento de este se quiere conocer las especies que habitan en el volcán, por tal motivo se realizó una investigación que tuvo como finalidad, **Objetivo:** determinar la riqueza y abundancia de diatomeas en ecosistemas extremófilos de las lagunas de deshielo del volcán Antisana, Napo, Ecuador. **Métodos:** El muestreo se realizó durante el mes de abril del 2023, en las orillas de las lagunas se raspó la superficie de 3 a 5 piedras con biopelícula almacenando la muestra en tubos falcon preservadas con formaldehído al 2%; se filtró y se limpió la materia orgánica con H_2O_2 al 30% a $100^{\circ}C$; se retiró el peróxido y se fijaron las muestras para el análisis óptico. Se analizaron 10 placas (5 por laguna) mediante barrido de placa y conteo por generador de números aleatorios. **Resultados:** Se obtuvo una abundancia total de 2320 individuos (1750 en Laguna 1 y 570 en Laguna 2), donde se identificó 21 especies que coinciden en las dos lagunas siendo las más representativas *Odontidium mesodon*, *Hannaea arcus* y *Nitzschia paleacea*; 18 especies presentes solo en la laguna 1 y 7 especies presentes solo en la laguna 2. Contribuyendo también a la identificación de especies cosmopolitas como *Hantzschia amphioxys*, *Humidophila contenta*, *Sellaphora atomoides* las cuales se han adaptado a climas extremos. Finalmente, la identificación taxonómica permitió catalogar la diversidad de especies en tamaños diferentes las mismas que contribuyen a la numeración de individuos presentes en el volcán.

Palabras clave: Diatomeas, Riqueza, Diversidad, Antisana.

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Abstract

The study is based on the scarce diversity of diatoms that can be found in the glacier, due to lack of information and as a consequence of the melting of the glacier, we want to know the species that inhabit the volcano, for this reason an investigation was carried out whose purpose,

Objective: to determine the richness and abundance of diatoms in extremophile lagoons of the Antisana volcano, Napo, Ecuador. **Methods:** The sampling was carried out during the month of April 2023, on the shores of the lagoons, the surface of 3 to 5 stones was scraped with biofilm, storing the sample in falcon tuber preserved with 2% formaldehyde; organic matter was filtered and cleaned with 30% H₂O₂ at 100°C; the peroxide was removed, and the samples were fixed for optical analysis. A total of 10 plates sweeps and random number generator counting. **Results:** A total abundance of 2320 individuals was obtained (1750 in Lagoon 1 and 570 in Lagoon 2), where 21 species were identified that coincided in the two lagoons, the most representative being *Odontidium mesodon*, *Hannaea arcus* and *Nitzschia paleacea*; 18 species present only in lagoon 1 and 7 species present only in lagoon 2. It also contributes to the identification of cosmopolitan species such as *Hantzschia amphioxys*, *Humidophila contenta*, *Sellaphora atomoides* which have adapted to extreme climates. Finally, the taxonomic identification allowed us to catalog the diversity of species in different sizes, which contribute to the numbering of individuals present in the volcano.

Key words: Diatoms, Richness, Diversity, Unhealthy.

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Introducción

Las diatomeas son microalgas unicelulares fotoautótrofas que se encuentran principalmente en hábitats acuáticos (Zimmermann et al., 2015). En cuanto a sus propiedades físicas y químicas contienen dos tipos de pigmentos fotosintéticos implicados en la captación de luz y fotoprotección: clorofilas y carotenoides (Kuczynska et al., 2015).

Las diatomeas cuentan con su taxonomía tradicional la cual según (Raven et al., 1996 como se citó en Castillejo et al., 2022) se basa en la morfología de la pared de sílice, llamada frústula la misma que cuenta con dos mitades, denominadas valvas, que encajan formando una caja: epiteca e hipoteca. Estas especies pueden contar con características muy similares, pero son diferentes dependiendo de la forma de la frústula; las ondulaciones y giros de las valvas; la estructura de estrías; el patrón de los surcos que pueden ser céntricas (simetría radial) o pennadas (simetría bilateral); las estructuras externas; el rafe asociado con la extensión, caracterización de extremidades internas y externas, proximales y distales; y las bandas.

La historia remonta desde 1702 cuando el científico neerlandés Antonie van Leeuwenhoek observó y describió algunas diatomeas con un microscopio que él mismo diseñó (Megías et al., 2022). Sin embargo, según registros fósiles aparecieron hace 185 millones de años, siendo los principales productores primarios microbianos y fijadores de carbono (Guamán et al., 2016). Mientras que la evolución ha descrito que existen alrededor de 100 000 especies en el libro de (Round, Crawford & Mann. 1990) titulado “*The Diatoms Biology & Morphology of the genera*”, pero si hablamos de estudios al pasar una década más se estima que en todo el mundo existen más de 200 000 especies (Mann & Vanormelingen, 2013) muchas de ellas aún sin descubrir, ni describir. Para la identificación de individuos o microorganismos

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

en general bajo microscopio óptico, la problemática radica en la necesidad de tener un campo amplio en conocimiento que permitan distinguir a las especies (Castillejo et al., 2022), la variabilidad morfológica y la similitud de estas puede dificultar la clasificación exacta, en este estudio se presenta la diversidad de especies de diatomeas epilíticas ubicadas en las lagunas de deshielo del volcán Antisana en el año 2023.

Estas especies se encuentran en distintos lugares como: hábitats acuáticos donde su distribución depende de las oscilaciones del nivel de agua y propiedades fisicoquímicas; hábitats aéreos situándose en algas subaerofíticas y aerofíticas; pero también en sitios donde las condiciones climáticas son influenciadas por las bajas temperaturas, mayor radiación solar, viento y humedad relativa formando un ecosistema muy particular para convertirse en el hogar de varias poblaciones de diatomeas (Soler, 2015).

Se sabe que Ecuador es un país megadiverso tanto en flora como en fauna, incluyendo especies de diatomeas en sus paisajes. Algunas de las terminologías usadas para describir estos ecosistemas se distinguen entre epifitón (vegetación sumergida o flotante en agua), epipelón (sedimentos o sustratos) y epilitón (en rocas) (Stevenson, J. R. 1996 como se citó en Soler, 2015) las cuales hemos obtenido en las orillas de las lagunas del volcán Antisana para este estudio.

Las diatomeas presentes en ecosistemas extremófilos presentan adaptaciones genéticas y metabólicas que les permiten sobrevivir en condiciones extremas, lo que dificulta la identificación de estas especies. Lograr obtener resultados de diatomeas en ambientes extremos puede ser complejo debido a las condiciones y densidad poblacional en las que viven estas especies, sin embargo, se seguirá un protocolo establecido para observar la diversidad de diatomeas.

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Las diatomeas son un componente esencial en el ciclo de carbono y silicio de los ecosistemas, en estudios a nivel mundial se ha comprobado que sirven para usos convencionales como insecticida, fertilizante, suplemento mineral e incluso para ser aplicadas en ciencias forenses. (Ibañez, 2010). El estudio de diatomeas es fundamental ya que proporciona información sobre la salud de los ecosistemas acuáticos y por supuesto comprender las interacciones biológicas que tienen. En cuanto a la taxonomía, estas contribuyen a la comprensión de la biodiversidad y comprender su evolución.

Actualmente, se han publicado varios estudios en relación con diatomeas en países como Nicaragua, México, Cuba, Bolivia, Perú, Brasil en diferentes años (Paz, 2017), mientras que, en Ecuador los estudios por identificación de diatomeas son muchos relacionados con los ríos presentes en el país. Sin embargo, la identificación de estas especies en glaciares es escasa por lo que, esta investigación sería de gran aporte para futuras investigaciones y llevar a grandes pasos técnicas moleculares.

De acuerdo con lo establecido anteriormente, como hipótesis de trabajo, *se espera encontrar especies de diatomeas típicas de climas cálidos en pocas cantidades, debido a las condiciones ambientales del volcán y la zona geográfica se cree que favorecerá la presencia de estas especies que se han adaptado a un ambiente extremo.*

Por lo cual, el objetivo general es determinar la riqueza y abundancia de diatomeas en ecosistemas extremófilos como las lagunas del volcán Antisana, mediante métodos de análisis óptico para proporcionar un listado de especies presentes en el área de estudio. Los objetivos específicos son: (1) comparar la similitud entre las lagunas de deshielo y la presencia de diatomeas, mediante las identificaciones taxonómicas de las especies de diatomeas; (2) identificar taxonómicamente las especies de diatomeas, mediante análisis del material tipo del organismo para contribuir al conocimiento de especies extremófilas en el Volcán Antisana; (3)

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

comparar la diversidad de diatomeas entre las dos lagunas de deshielo del volcán Antisana, mediante tablas e imágenes tomadas en este estudio para lograr una estadística de especies presentes en este hábitat.

Materiales y métodos

Área de estudio

El volcán Antisana potencialmente activo, ubicado en la Cordillera de los Andes, está asentado en la Reserva Ecológica Antisana (REA) en la provincia de Napo, cantón Quijos (0°28'53"S 78°08'27"O) a 48 km del sureste de Quito. Su cumbre alcanza los 5758 m.s.n.m por lo que, se convierte en un atractivo turístico para el Ecuador. Sus límites geográficos son al oeste con la ciudad de Baeza, al sureste con Sangolquí y al este con Machachi (INSTITUTO GEOFISICO, 2023).

El clima predominante en la REA es húmedo y la precipitación es de baja intensidad con presencia de nieve y granizo entre los meses de mayo y agosto. Bajo los 4000 m.s.n.m, el territorio dentro de la REA presenta un clima de alta montaña con temperaturas promedio entre los 4°C y 10°C y una precipitación anual de 2000 mm (1 litro de agua por metro cuadrado). Mientras que, en el casquete del Antisana por arriba de los 4000 m.s.n.m, el clima es nieval con temperaturas que varían entre los 0°C y 4°C, con una precipitación entre los 1250 y 1500 mm. En cuanto al ecosistema, corresponde a un páramo con 3 coberturas: área sin cobertura vegetal (depósitos volcánicos y flujos de lava), mosaico agropecuario y pastizal (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011).

En las faldas del volcán Antisana se ubican dos lagunas, producto del deshielo del glaciar 15 (Figura 1), denominadas como laguna 1 (L1) en las coordenadas -0.472618, -78.158214 y laguna 2 (L2) en las coordenadas -0.469139, -78.161247 (Figura 2; anexo 1 y 2).

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

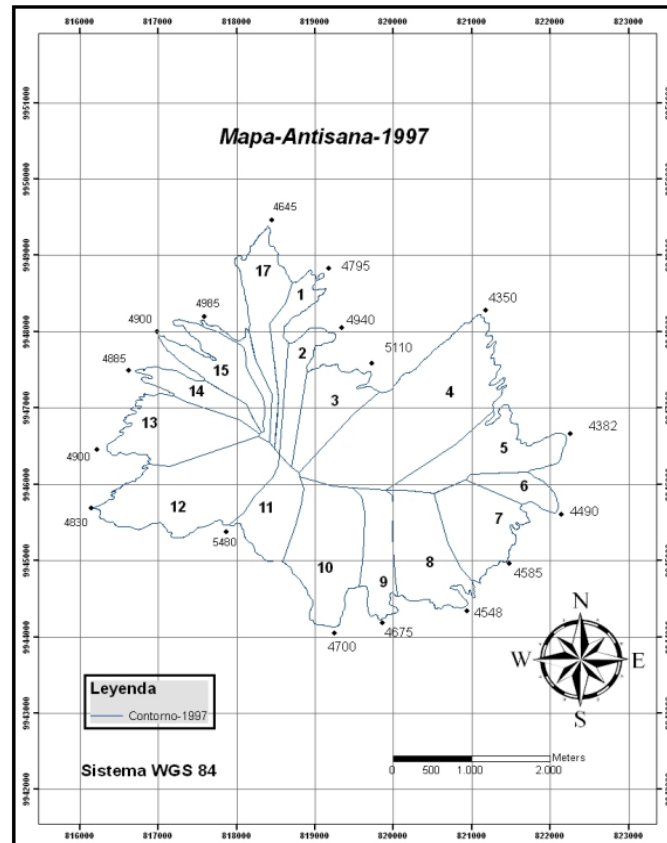


Figura 1. Mapa de los 17 glaciares del volcán Antisana, sitio de estudio glaciar 15. Fuente: (Cáceres, 2012)

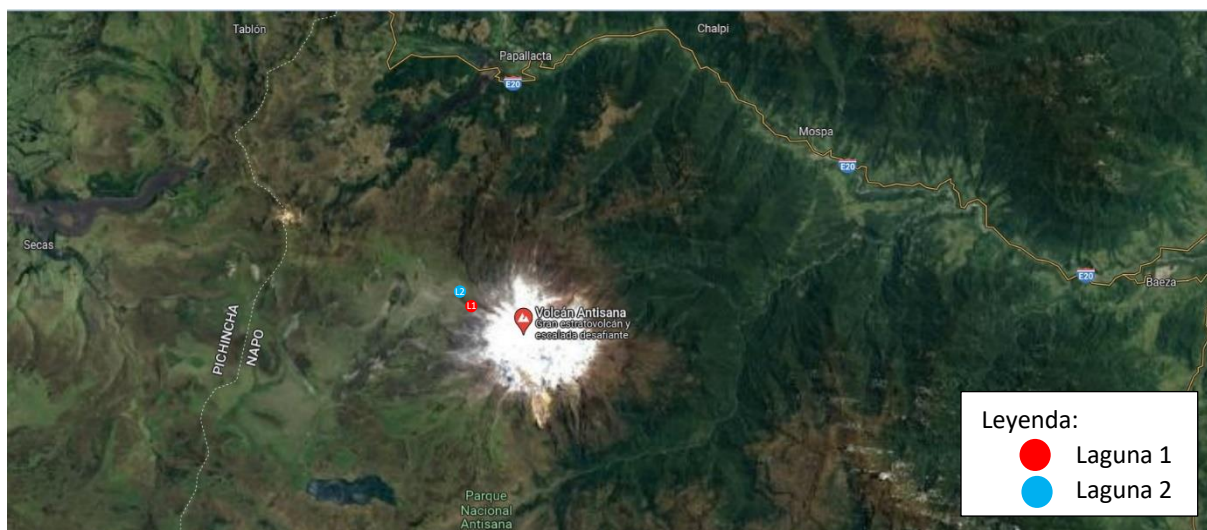


Figura 2. Mapa del área de estudio. Reserva Ecológica Antisana, Napo, Ecuador.

Elaborado por: (Estrada, 2024)

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Fase de campo

Recolección de muestras

Se estableció un período de muestreo durante el mes de abril del año 2023.

Para garantizar una recolección efectiva de muestras, se identificó el sitio ideal en las orillas de la laguna. La colecta de muestras se realizó basándose en el protocolo propuesto por Blanco et al., (2011), que consiste en raspar la superficie de 3 a 5 piedras de un tamaño de 16 cm² que presenten una biopelícula (figura 3).

A continuación, las muestras fueron almacenadas en tubos falcon de 50ml, previamente etiquetados y preservadas con formaldehído al 2% o etanol al 70%, para detener la división celular y la descomposición de la materia orgánica. Finalmente, se colocaron los tubos en una hielera a -4°C para ser transportados al laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Internacional SEK (UISEK).



Figura 3. Rasgado de piedras para obtención de muestras. Elaborado por: (Estrada, 2024).

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Fase de laboratorio

Tratamiento de muestras

Con el fin de eliminar el material volcánico obtenido del raspado de piedras, las muestras fueron filtradas con una malla 13 XXX-100 (figura 4). Posteriormente, la oxidación de la materia orgánica se realizó según la ECS (2003) con la ayuda de peróxido de hidrógeno (H_2O_2 al 30%), a una temperatura constante de $100^{\circ}C$ (figura 5), hasta obtener un pellet amarillento. Para la eliminación de las inclusiones de carbonato de calcio, se añadió ácido clorhídrico (HCl al 37%) hasta cubrir la muestra (Chamorro et al., 2022).

Por último, cuando la sustancia se transparentó se procedió a retirar el peróxido de hidrógeno y demás sustancias, con ayuda de un gotero previamente esterilizado. Posterior, se realizaron tres varios lavados con agua destilada y se colocaron en nuevos tubos falcon ECS, 2003).



Figura 4. Muestra filtrada con malla 13 XXX-100. Elaborado por: (Estrada, 2024).

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR



Figura 5. Limpieza de muestras con peróxido de hidrógeno y ácido clorhídrico. Elaborado por: (Estrada, 2024).

Fijación de muestras para análisis óptico

De las muestras tratadas, se extrajo una alícuota de muestra homogénea y se depositó en el cubreobjetos redondo de 18 mm de diámetro, dejando que se seque a temperatura ambiente durante 24 horas. Tras la evaporación del agua, las valvas de las diatomeas quedan sujetas en el cubreobjetos. Para mantenerlo, se usa resina sintética (Naphrax[®]) y se fija a un portaobjeto de vidrio para ser analizado por microscopio óptico con contraste de interfase diferencial (DIC) (Blanco et al., 2011) (figura 6).



Figura 6. Fijación de muestras con Naphrax[®]. Elaborado por: (Estrada, 2024).

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Recuento e identificación taxonómica de diatomeas

Se analizaron 10 placas (4 placas de L1, 4 placas de L2, 1 placa de resto L1 y una placa de resto L2) bajo el microscopio óptico EUROMEX PC/DIC equipado con una cámara CMEX-PRO 18 a 1000x. Para ello se utilizaron dos métodos: Barrido de placa y conteo por generador de números aleatorios. Para la identificación taxonómica de especies y variedades se basó, siempre que sea posible, en el análisis del material tipo, bibliografía especializada tal como Ehrenberg (1838); Krammer (1997b), (1997a), (2002); Krammer & Lange-Bertalot (1986), (1987), (1989), (1991b), (1991a), (1985); Lange-Bertalot (1993), (1996), (2001); Lange-Bertalot et al. (2003); Metzeltin (2007); Metzeltin et al. (2005); Metzeltin & Lange-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/>), Diatoms of North America (<https://diatoms.org/>) y DiatomBase (<https://www.diatombase.org/>).

Barrido de placa

Método utilizado para pocos individuos presentes en las placas, el cual consiste en el barrido de la superficie de un espécimen desde la parte superior, hasta la parte inferior de la placa en forma de zigzag.

Las placas leídas con este método fueron 6 (L2.1, L2.2, L2.3, L2.4, resto L1, Resto L2).

Generador de números aleatorios

Este método se utiliza para placas que cuentan con varios individuos en un solo campo visual, para este estudio se ha establecido contar un total de 400 especies. Utilizando los ejes coordenados graduados en el microscopio, se muestra la posición de la placa en sentido vertical y horizontal (Figura 7), el algoritmo consiste en calcular diferentes coordenadas polares aleatorias que se transforman en rectangulares. Se introducen las coordenadas del borde

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

superior e inferior en el generador para contabilizar el número total en “x” y “y” de campos visuales por observar (Blanco, 2010) (Figura 8).

Las placas leídas por este método fueron 4 (L1.1, L1.2, L1.3 y L1.4).



Figura 7. Ejes coordenados graduados del microscopio. Elaborado por: (Estrada, 2024).

	A	B
1	Posición inicial x	56
2	posicion inicial y	13
3	diametro del cubre	18
4	FOV X	60,79497
5	FOV Y	21,1046821

Figura 8. Formato de generador de números aleatorios. Elaborado por: (Estrada, 2024).

Resultados y discusión de resultados

Resultados

Riqueza y abundancia de diatomeas en las lagunas de deshielo del volcán Antisana

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

En las lagunas de deshielo L1 y L2 se obtuvo una abundancia total (A) de 2320 individuos que corresponden a 46 especies agrupadas en 21 géneros (Anexo 6). Se destacaron 3 especies con mayor presencia, entre las que se encuentran: *Odontidium mesodon* (34,87%), *Hannaea arcus* (17,11%) y *Nitzschia paleacea* (13,88%) (Tabla 3, anexo 3).

Por otra parte, se identificaron 43 especies con menor frecuencia entre ellas algunas catalogadas como “sp” debido al poco número de individuos presentes por lo que se dificulta su identificación: *Nitzschia palea* (5,65%), *Gomphonema punae* (4,91%), *Stenopterobia krammeri* (3,66%), *Nitzschia media* (3,49%), *Pinnularia abaujensis* (3,02%), *Encyonema neomesianum* (2,63%), *Humidophila contenta* (1,81%), *Sellaphora atomoides* (1,51%), *Luticola hilgenbergii* (1,38%), *Pinnularia saprophila* (0,95%), *Nitzschia oberheimiana* (0,78%), *Tabellaria flocculosa* (0,56%), *Achnantheidium minutissimum* (0,47%), *Fragilaria tenera* (0,39%), *Pinnularia borealis* var, *borealis* (0,34%), *Adlafia suchlandtii* (0,26%), *Naviculadicta* sp (0,26%), *Planothidium lanceolatum* (0,22%), *Navicula* sp1 (0,17%), *Surirella robusta* (0,17%), *Nitzschia linearis* (0,13%), *Pinnularia* sp5 (0,13%), *Staroneis* sp1 (0,13%), *Fragilaria* sp1 (0,09%), *Fragilaria* sp1 teratogénica (0,09%), *Gomphonema parvulum* (0,09%), *Humipophila lacunosa* (0,09%), *Nitzschia amphibia* (0,09%), *Pinnularia* sp2 (0,09%), *Encyonema minutum* (0,04%), *Gomphonema* sp (0,04%), *Hantzchia amphioxys* (0,04%), *Luticola* sp1 (0,04%), *Nitzschia exilis* (0,04%), *Nitzschia paleaformis* (0,04%), *Nitzschia* sp1 (0,04%), *Nitzschia* sp2 (0,04%), *Pinnularia* sp1 (0,04%), *Pinnularia* sp3 (0,04%), *Pinnularia* sp4 (0,04%), *Pinnularia* sp6 (0,04%), *Psammonthidium germainii* (0,04%), *Sellaphora* sp1 (0,04%) (figura 9).

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

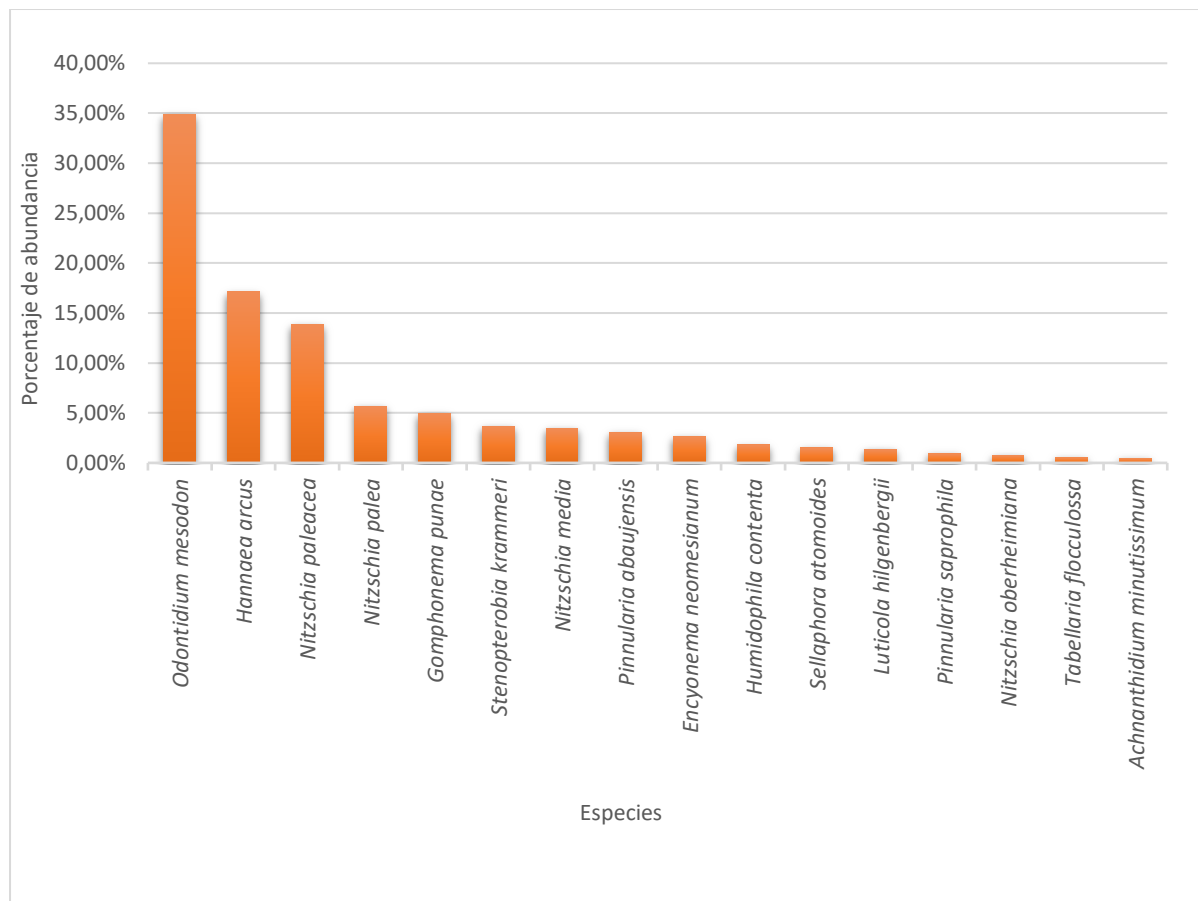


Figura 9. Diagrama de barras de riqueza y abundancia de diatomeas en L1 y L2. Elaborado por: (Estrada, 2024)

Se observó un total de 2320 individuos de diatomeas entre las dos lagunas de deshielo del volcán Antisana, de las cuales 21 especies se evidencian en ambas (Tabla 1)

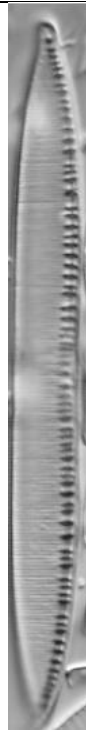
Tabla 1. Especies en común presentes en L1 y L2. En relación a 10 μ m

Espece	Fotografía
<i>Encyonema neomesianum</i>	

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

<i>Gomphonema punae</i>		
<i>Hannaea arcus</i>		
<i>Humidophila contenta</i>		
<i>Luticola Hilgenbergii</i>		

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

<i>Navícula</i> sp1	
<i>Naviculadicta</i> sp	
<i>Nitzschia amphibia</i>	
<i>Nitzschia linearis</i>	

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

<i>Nitzschia media</i>		
<i>Nitzschia oberheimiana</i>		
<i>Nitzschia palea</i>		

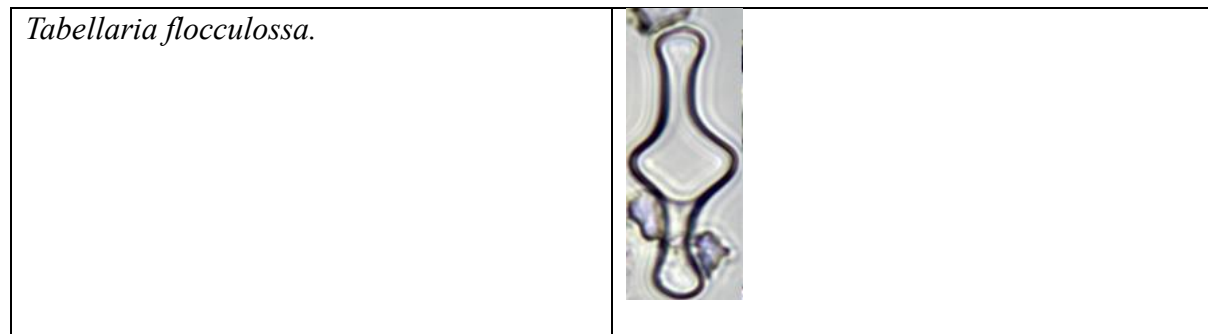
DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

<i>Nitzschia paleacea</i>	
<i>Odontidium mesodon</i>	
<i>Pinnularia abaujensis</i>	

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

<i>Pinnularia saprophila</i>		
<i>Planothidium lanceolatum</i>		
<i>Sellaphora atomoides</i>		
<i>Stauroneis</i> sp1		
<i>Stenopterobia krammeri</i>		

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR



Laguna 1

Riqueza y abundancia de diatomeas en la Laguna 1

Se identificaron en L1 un total de 39 especies de las cuales 10 son abundantes: *Odontidium mesodon* (43.03%), *Hannaea arcus* (19.77%), *Nitzschia paleacea* (13.20%), *Gomphonema punae* (4.69%), *Nitzschia palea* (3.20%), *Stenopterobia krammeri* (2.29%), *Encyonema neomesianum* (1.83%), *Sellaphora atomoides* (1,83%), *Pinnularia abaujensis* (1,77%), *Nitzschia media* (1,54%) (Figura 10) (Tabla 4, anexo 4).

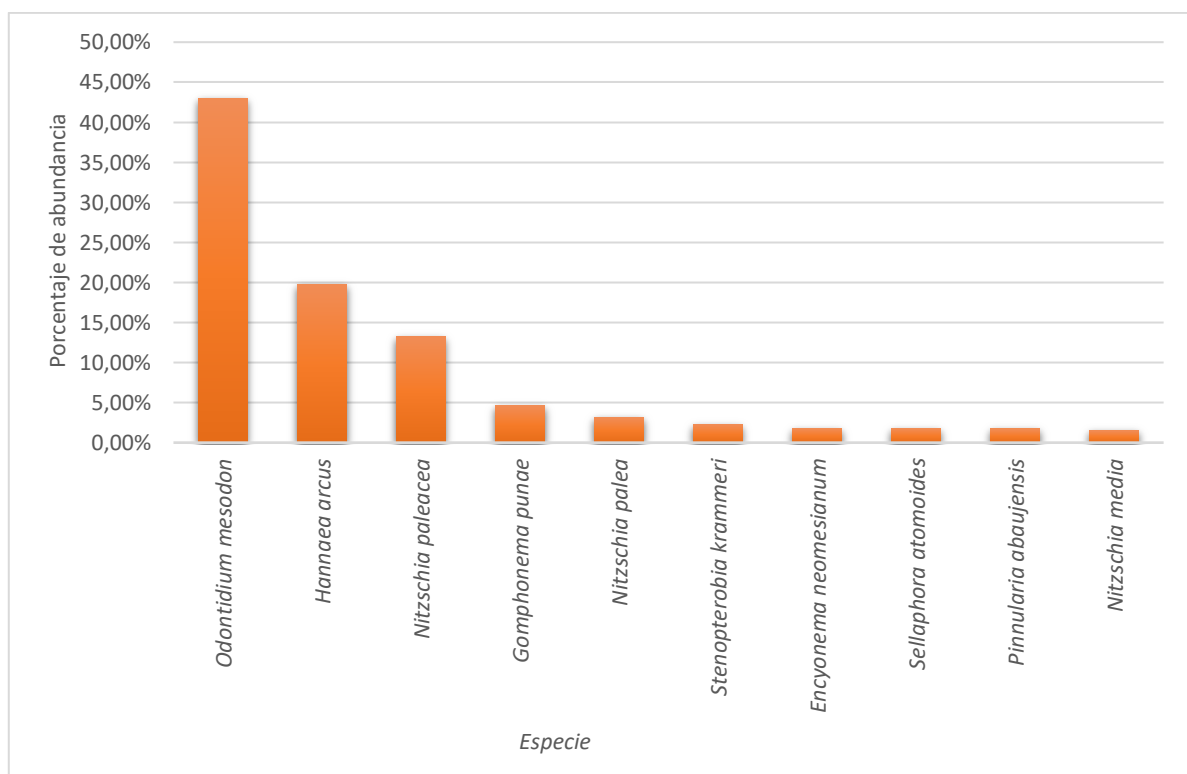


Figura 10. Diagrama de barras de riqueza y abundancia de diatomeas en L1. Elaborado por (Estrada, 2024)

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Laguna 2

Riqueza y abundancia de diatomeas en la Laguna 2

Se identificaron en L2 un total de 28 especies de las cuales 10 son abundantes: *Nitzschia paleacea* (15.96%), *Nitzschia palea* (13.16%), *Odontidium mesodon* (9.82%), *Nitzschia media* (9.47%), *Hannaea arcus* (8.95%), *Stenopterobia krammeri* (7.89%), *Pinnularia abaujensis* (6.84%), *Gomphonema punae* (5.61%), *Encyonema neomesianum* (5.09%), *Humidophila contenta* (3.51%) (Figura 11) (Tabla 5, anexo 5).

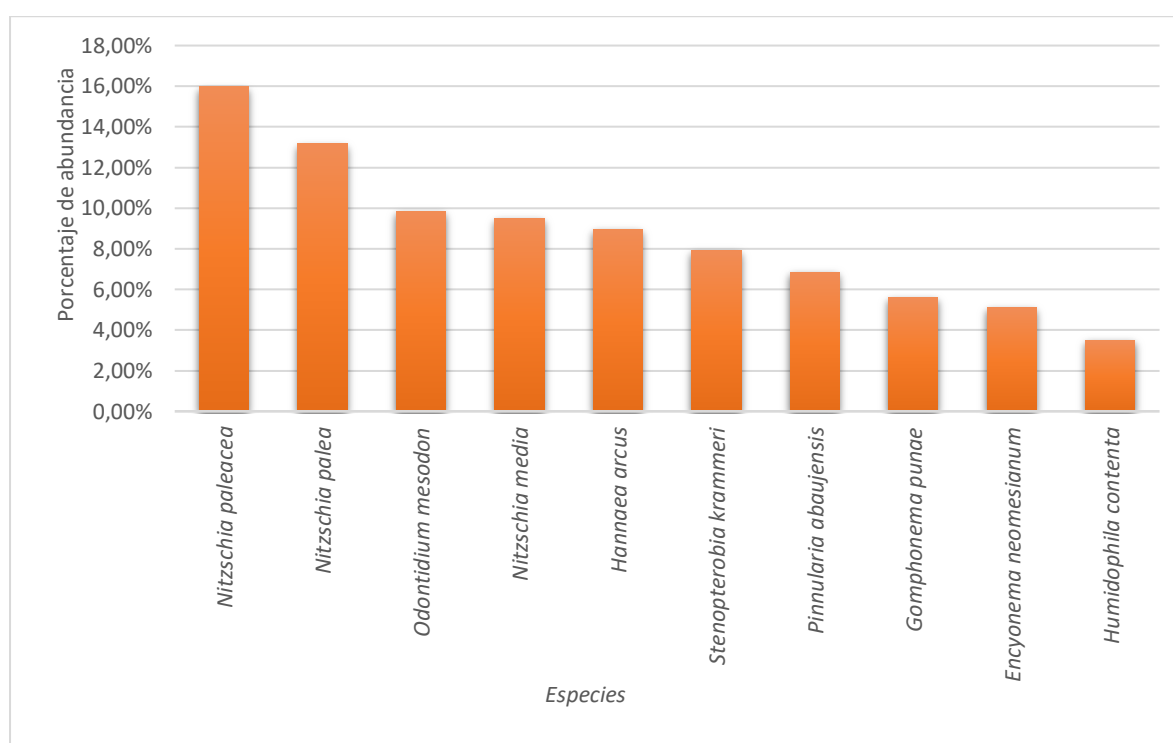


Figura 11. Diagrama de barras de riqueza y abundancia de diatomeas en L2. Elaborado por: (Estrada, 2024)

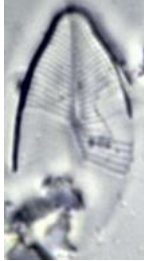
Sin embargo, al realizar una comparación específica entre la Laguna 1 y Laguna 2, se observó que hay 18 especies exclusivas de L1 que no están presentes en L2. De manera recíproca, en L2 se identificaron 7 especies que no se encontraron en L1 (Tabla 2)

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Tabla 2. Especies presentes solo en L1 y solo en L2. Con relación a 10 μ m

Espece L1	Espece L2
<i>Achnantheidium minutissimum</i> 	<i>Encyonema minutum</i> 
<i>Adlafia suchlandtii</i> 	<i>Gomphonema</i> sp 
<i>Fragilaria</i> sp1 	<i>Hantzschia amphioxys</i> 
<i>Fragilaria</i> sp1 teratogénica	<i>Luticola</i> sp1

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

	
<i>Fragilaria tenera</i> 	<i>Nitzschia exilis</i> 
<i>Gomphonema parvulum</i> 	<i>Psammonthidium germainii</i> 
<i>Humidophila lacunosa</i> 	<i>Surirella robusta</i>

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

		
<i>Nitzschia paleaformis</i>		
		
<i>Nitzschia</i> sp1		
		
<i>Nitzschia</i> sp2		

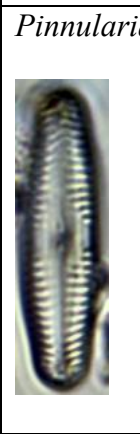
DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

		
	<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>Borealis</i>	
	<i>Pinnularia</i> sp1	

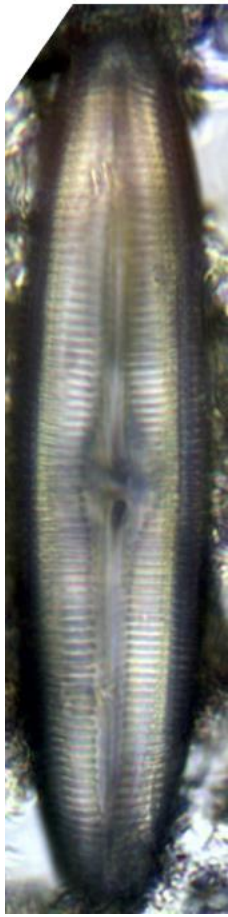
DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

		
<i>Pinnularia</i> sp2 		
<i>Pinnularia</i> sp3		

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

		
<i>Pinnularia</i> sp4		
		
<i>Pinnularia</i> sp5		
<i>Pinnularia</i> sp6		

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

		
<i>Sellaphora</i> sp1 		

Discusión de resultados

El análisis de las dos lagunas permitió identificar especies propias del ecosistema y algunas adaptadas a este ambiente, logrando evidenciar la presencia de estos individuos en las aguas producidas por el deshielo del nevado. Se encontraron 3 especies propias del ecosistema siendo también las más abundantes, se mencionan a continuación:

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

1. La especie *Odontidium mesodon* (Ehrenb.) Kutz. 1844 ha sido la más abundante en las lagunas, es clasificada como una especie adaptada en hábitats bentónicos y aguas frías, su mayor presencia se registra en ambientes acuáticos con bajos niveles de nutrientes, baja conductividad y mínima interferencia humana (Potapova, 2009). Por ende, se afirma que esta especie es propia del hábitat y por ello se evidencia en gran cantidad.

2. La especie *Hannaea arcus* (Ehrenb.) R.M.Patrick 1966 ocupa el segundo lugar en abundancia en este estudio, se encuentra en aguas frías que fluyen en regiones montañosas y su hábitat es planctónico (Kociolek, 2010). Dado que pertenece a su medio, se muestra con un porcentaje alto a las otras especies.

3. La especie *Nitzschia paleacea* Grunow in Van Heurck 1881 marca el tercer lugar como especie más abundante en las dos lagunas del Antisana, siendo su hábitat bentónico y óptico para vivir en estas condiciones extremas (Kociolek, 2011).

Por su parte se identificaron diatomeas cosmopolitas adaptadas al clima extremo, a continuación, se enumeran las 3 especies encontradas:

1. La especie *Hantzschia amphioxys* (Ehrenb.) Grunow in Cleve and Grunow 1880 ha sido reportada en arroyos y ríos en grandes cantidades, pero estos no son han verificados. Las poblaciones más grandes de este taxón se encuentran en el suelo y otros hábitats expuestos al aire (Kociolek et al., 2015). Por lo tanto, se supone que esta especie se ha adaptado al clima del glaciar.

2. La especie *Humidophila contenta* (Grunow) Lowe et al. 2014 es una de las pocas especies cosmopolitas, capaz de adaptarse a cualquier clima y lugar del mundo, ya que es ligeramente móvil y se encuentra en suelos, lagos, ríos y hábitats húmedos (Lowe, 2015). Aunque se encontraron pocas cantidades de esta especie, está presente en uno de los nevados del Ecuador.

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

3. La especie *Sellaphora atomoides* (Grunow) Wetzel and Van de Vijver 2015 ha sido verificada en hábitats aéreos y bosques que no han sido explotados por el ser humano, sin embargo, también ha sido encontrada en aguas con impacto antropogénico (Minerovic, 2016). Lo que le da la capacidad de adaptarse a otro ambiente.

Así mismo se identificó a la especie *Fragilaria* sp1 la cual fue encontrada en las lagunas del volcán Antisana presentando características teratogénicas, es decir, por exposición a diferentes tipos de estrés ambiental la morfología de la frústula puede modificarse, puede disminuir su tamaño, presenta cambios en el contorno de la valva y otras alteraciones considerables de la forma, número y patrón de estrías y areolas (Falasco et al., 2009). Según el autor, la forma más común sucede por contaminación de metales pesados como mercurio, plomo, cadmio y otros elementos que pueden ser transportados por el aire desde fuentes industriales y depositarse en la nieve.

La presente investigación precede de estudios desarrollados anteriormente con especies de diatomeas en glaciares, sin embargo, la importancia radica en poder conocer la ecología de estas especies para determinar en qué estado se encuentra el ecosistema y así afirmar si está contaminando o no, además, la lista de especies da paso a nuevos estudios que se puedan realizar con el fin de conocer cuál es la interacción de las especies en el ambiente en el que viven.

Conclusiones

Los resultados respaldan la hipótesis de trabajo, ya que se identificaron especies cosmopolitas: *Hantzschia amphioxys*, *Humidophila contenta*, *Sellaphora atomoides* como individuos típicos de climas cálidos, llegando a sugerir que las condiciones ambientales y la zona geográfica han favorecido la presencia de estas especies, haciendo que generen mecanismos de adaptación ante el clima extremo.

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Se analizaron dos lagunas de deshielo del volcán Antisana en el mes de abril del año 2023 alcanzando un total de 2320 individuos, dando como resultado la presencia de especies en común en ambos sitios de estudio, esto representa un significativo valor de riqueza y diversidad de las poblaciones que habitan en este entorno.

El estudio reveló la diversidad biológica y microscópica de las lagunas del volcán Antisana en donde se logró identificar 21 especies que coinciden en los dos puntos de muestreo siendo las más representativas *Odontidium mesodon*, *Hannaea arcus* y *Nitzschia paleacea*, 18 especies presentes solo en L1 y 7 especies presentes solo en L2 llegando a un total de 46 especies.

Se observó una diversidad significativa en ambas lagunas. En la laguna 1 se identificó un total de 1750 individuos mientras que en la laguna 2 se alcanzó un total de 570 individuos. Dando como resultado mayor riqueza y diversidad a L1, la misma que se encuentra más cerca del volcán.

La identificación taxonómica de las especies permitió catalogar la diversidad, permitiendo reflejar la misma especie en tamaños diferentes (Anexo 6).

Finalmente, se resalta la relevancia e importancia científica al estudiar diatomeas en entornos extremófilos, sirviendo de información para comprender las adaptaciones biológicas a diferentes temperaturas de estas especies, las mismas que contribuyen a monitorear los ecosistemas en diferentes regiones del mundo.

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Bibliografía

- Blanco, S. (2010). *GENERADOR DE NÚMEROS ALEATORIOS PARA RECUELTOS EN MICROSCOPIA ÓPTICA*.
- Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C., & Bécares, E. (2011). *guiadiatomeas*.
- Castillejo, P., Ballesteros, I., Ríos-Touma, B., Ortiz, S., Heinrich, C., & Lobo, E. (2022). *Diatomeas epilíticas de los Andes Ecuatorianos*.
- Chamorro, S., Moyón, J., Araya, F., Salazar, J., Navarro, J. C., Bécares, E., & Blanco, S. (2022). The ecology of diatoms inhabiting cryoconite holes in Antisana Glacier, Ecuador. *Journal of Glaciology*, 68(267), 204–208. <https://doi.org/10.1017/jog.2021.108>
- Falasco, E., Bona, F., Badino, G., Hoffmann, L., & Ector, L. (2009). Diatom teratological forms and environmental alterations: A review. In *Hydrobiologia* (Vol. 623, Issue 1, pp. 1–35). <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9687-3>
- Guamán, C., Nory, B., & Romero, P. G. (2016). *CATÁLOGO DE MICROALGAS Y CIANOBACTERIAS DE AGUA DULCE DEL ECUADOR*.
- Ibañez, A. (2010). *Las “diatomeas.”* <http://www.prodiversitas.bioetica.org/diatomeas.htm>
- INSTITUTO GEOFISICO. (2023). *ANTISANA*. <https://www.igepn.edu.ec/antisana>
- Kociolek, P. (2010). *Diatoms of North America - Hannaea arcus*. https://diatoms.org/species/hannaea_arcus

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

- Kociolek, P. (2011). *Diatoms of North America - Nitzschia paleacea*.
https://diatoms.org/species/nitzschia_paleacea
- Kociolek, P., Tyree Polaskey, M., & Lee, S. (2015). *Diatoms of North America - Hantzschia amphioxys*. https://diatoms.org/species/hantzschia_amphioxys
- Kuczynska, P., Jemiola-Rzeminska, M., & Strzalka, K. (2015). Photosynthetic pigments in diatoms. In *Marine Drugs* (Vol. 13, Issue 9, pp. 5847–5881). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/md13095847>
- Lowe, R. (2015). *Diatoms of North America - Humidophila contenta*.
https://diatoms.org/species/humidophila_contenta
- Mann, D. G., & Vanormelingen, P. (2013). An inordinate fondness? the number, distributions, and origins of diatom species. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 60(4), 414–420. <https://doi.org/10.1111/jeu.12047>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. A. (2022). *Atlas de La célula AMPLIACIONES I*.
<http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.
- Minerovic, A. (2016). *Diatoms of North America - Sellaphora atomoides*.
https://diatoms.org/species/sellaphora_atomoides
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). *Plan-de-Manejo-Adaptativo-REA*.
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Plan-de-Manejo-Adaptativo-REA.pdf>
- Paz, L. (2017). “IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES ABUNDANTES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO PITA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.”

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Potapova, M. (2009). *Diatoms of North America - Odontidium mesodon*.

https://diatoms.org/species/odontidium_mesodon

Soler, E. (2015). *Estudio de las diatomeas*.

<https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/22751/5/Estudio%20de%20las%20diatomeas.pdf>

Zimmermann, J., Glöckner, G., Jahn, R., Enke, N., & Gemeinholzer, B. (2015).

Metabarcoding vs. morphological identification to assess diatom diversity in environmental studies. *Molecular Ecology Resources*, 15(3), 526–542.

<https://doi.org/10.1111/1755-0998.12336>

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Anexos



Anexo 1. Laguna de deshielo del volcán Antisana 1 (L1)



Anexo 2. Laguna de deshielo del volcán Antisana 2 (L2)

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Tabla 3. Diversidad de especies de L1 y L2.

Especie	Laguna 1	Laguna 2	Total	Porcentaje
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	11	0	11	0,47%
<i>Adlafia suchlandtii</i>	6	0	6	0,26%
<i>Encyonema minutum</i>	0	1	1	0,04%
<i>Encyonema neomesianum</i>	32	29	61	2,63%
<i>Fragilaria</i> sp1	2	0	2	0,09%
<i>Fragilaria</i> sp1 teratogénica	2	0	2	0,09%
<i>Fragilaria tenera</i>	9	0	9	0,39%
<i>Gomphonema parvulum</i>	2	0	2	0,09%
<i>Gomphonema punae</i>	82	32	114	4,91%
<i>Gomphonema</i> sp	0	1	1	0,04%
<i>Hannaea arcus</i>	346	51	397	17,11%
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	1	1	0,04%
<i>Humidophila contenta</i>	22	20	42	1,81%
<i>Humidophila lacunosa</i>	2	0	2	0,09%
<i>Luticola hilgenbergii</i>	14	18	32	1,38%
<i>Luticola</i> sp1	0	1	1	0,04%
<i>Navicula</i> sp1	3	1	4	0,17%
<i>Naviculadicta</i> sp	3	3	6	0,26%
<i>Nitzschia amphibia</i>	1	1	2	0,09%
<i>Nitzschia exilis</i>	0	1	1	0,04%
<i>Nitzschia linearis</i>	2	1	3	0,13%
<i>Nitzschia media</i>	27	54	81	3,49%
<i>Nitzschia oberheimiana</i>	9	9	18	0,78%
<i>Nitzschia palea</i>	56	75	131	5,65%
<i>Nitzschia paleacea</i>	231	91	322	13,88%
<i>Nitzschia paleaformis</i>	1	0	1	0,04%
<i>Nitzschia</i> sp1	1	0	1	0,04%
<i>Nitzschia</i> sp2	1	0	1	0,04%
<i>Odontidium mesodon</i>	753	56	809	34,87%
<i>Pinnularia abaujensis</i>	31	39	70	3,02%
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>borealis</i>	8	0	8	0,34%
<i>Pinnularia saprophila</i>	5	17	22	0,95%
<i>Pinnularia</i> sp1	1	0	1	0,04%
<i>Pinnularia</i> sp2	2	0	2	0,09%
<i>Pinnularia</i> sp3	1	0	1	0,04%
<i>Pinnularia</i> sp4	1	0	1	0,04%
<i>Pinnularia</i> sp5	3	0	3	0,13%
<i>Pinnularia</i> sp6	1	0	1	0,04%
<i>Planothidium lanceolatum</i>	4	1	5	0,22%
<i>Psammonthidium germainii</i>	0	1	1	0,04%
<i>Sellaphora atomoides</i>	32	3	35	1,51%
<i>Sellaphora</i> sp1	1	0	1	0,04%
<i>Stauroneis</i> sp1	1	2	3	0,13%
<i>Stenopterobia krammeri</i>	40	45	85	3,66%
<i>Surirella robusta</i>	0	4	4	0,17%
<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	12	13	0,56%
Total	1750	570	2320	100%

Anexo 3. Tabla de diversidad L1 y L2

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Tabla 4. Distribución de especies encontradas en placas de L1.

Especie	Placa					Total	Porcentaje
	L1.1	L1.2	L1.3	L1.4	R1		
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	4	0	2	0	5	11	0,63%
<i>Adlafia suchlandtii</i>	0	1	0	0	5	6	0,34%
<i>Encyonema minutum</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Encyonema neomesianum</i>	0	5	4	11	12	32	1,83%
<i>Fragilaria</i> sp1	1	0	1	0	0	2	0,11%
<i>Fragilaria</i> sp1 teratogénica	1	1	0	0	0	2	0,11%
<i>Fragilaria tenera</i>	4	1	2	0	2	9	0,51%
<i>Gomphonema parvulum</i>	1	0	1	0	0	2	0,11%
<i>Gomphonema punae</i>	23	23	18	18	0	82	4,69%
<i>Gomphonema</i> sp	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Hannaea arcus</i>	74	103	85	78	6	346	19,77%
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Humidophila contenta</i>	1	4	1	6	10	22	1,26%
<i>Humidophila lacunosa</i>	1	0	0	0	1	2	0,11%
<i>Luticola hilgenbergii</i>	1	2	1	2	8	14	0,80%
<i>Luticola</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Navicula</i> sp1	1	1	0	0	1	3	0,17%
<i>Naviculadicta</i> sp	1	0	1	0	1	3	0,17%
<i>Nitzschia amphibia</i>	0	0	1	0	0	1	0,06%
<i>Nitzschia exilis</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Nitzschia linearis</i>	0	1	0	1	0	2	0,11%

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

<i>Nitzschia media</i>	0	11	4	7	5	27	1,54%
<i>Nitzschia oberheimiana</i>	2	0	1	0	6	9	0,51%
<i>Nitzschia palea</i>	10	0	3	18	25	56	3,20%
<i>Nitzschia paleacea</i>	49	40	63	55	24	231	13,20%
<i>Nitzschia paleaformis</i>	0	0	1	0	0	1	0,06%
<i>Nitzschia</i> sp1	1	0	0	0	0	1	0,06%
<i>Nitzschia</i> sp2	0	0	0	0	1	1	0,06%
<i>Odontidium mesodon</i>	193	179	191	190	0	753	43,03%
<i>Pinnularia abaujensis</i>	1	0	1	5	24	31	1,77%
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>borealis</i>	3	0	2	0	3	8	0,46%
<i>Pinnularia saprophila</i>	0	0	0	5	0	5	0,29%
<i>Pinnularia</i> sp1	0	1	0	0	0	1	0,06%
<i>Pinnularia</i> sp2	1	0	0	0	1	2	0,11%
<i>Pinnularia</i> sp3	0	0	0	0	1	1	0,06%
<i>Pinnularia</i> sp4	0	0	0	0	1	1	0,06%
<i>Pinnularia</i> sp5	0	0	0	0	3	3	0,17%
<i>Pinnularia</i> sp6	0	0	0	0	1	1	0,06%
<i>Planothidium lanceolatum</i>	2	0	0	0	2	4	0,23%
<i>Psammonthidium germainii</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Sellaphora atomoides</i>	10	17	4	1	0	32	1,83%
<i>Sellaphora</i> sp1	1	0	0	0	0	1	0,06%
<i>Stauroneis</i> sp1	0	0	0	0	1	1	0,06%
<i>Stenopterobia krammeri</i>	14	10	13	3	0	40	2,29%
<i>Surirella robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

<i>Tabellaria flocculosa</i>	0	0	0	0	1	1	0,06%
Total	400	400	400	400	150	1750	100%

Anexo 4. Tabla de diversidad L1

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

Tabla 5. Distribución de especies encontradas en L2

Especie	Placa					Total	Porcentaje
	L2.1	L2.2	L2.3	L2.4	R2		
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Adlafia suchlandtii</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Encyonema minutum</i>	0	1	0	0	0	1	0,18%
<i>Encyonema neomesianum</i>	6	5	8	2	8	29	5,09%
<i>Fragilaria</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Fragilaria</i> sp1 teratogénica	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Fragilaria tenera</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Gomphonema punae</i>	7	2	10	6	7	32	5,61%
<i>Gomphonema</i> sp	1	0	0	0	0	1	0,18%
<i>Hannaea arcus</i>	9	11	7	22	2	51	8,95%
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	1	0	0	1	0,18%
<i>Humidophila contenta</i>	8	4	3	2	3	20	3,51%
<i>Humidophila lacunosa</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Luticola hilgenbergii</i>	1	0	1	0	16	18	3,16%
<i>Luticola</i> sp1	1	0	0	0	0	1	0,18%
<i>Navicula</i> sp1	0	0	0	1	0	1	0,18%
<i>Naviculadicta</i> sp	0	3	0	0	0	3	0,53%
<i>Nitzschia amphibia</i>	1	0	0	0	0	1	0,18%
<i>Nitzschia exilis</i>	1	0	0	0	0	1	0,18%
<i>Nitzschia linearis</i>	0	1	0	0	0	1	0,18%

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

<i>Nitzschia media</i>	15	7	12	3	17	54	9,47%
<i>Nitzschia oberheimiana</i>	5	0	0	0	4	9	1,58%
<i>Nitzschia palea</i>	12	10	16	29	8	75	13,16%
<i>Nitzschia paleacea</i>	17	21	17	25	11	91	15,96%
<i>Nitzschia paleaformis</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Nitzschia</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Nitzschia</i> sp2	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Odontidium mesodon</i>	4	13	17	18	4	56	9,82%
<i>Pinnularia abaujensis</i>	1	9	0	2	27	39	6,84%
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>borealis</i>	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Pinnularia saprophila</i>	0	0	4	0	13	17	2,98%
<i>Pinnularia</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Pinnularia</i> sp2	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Pinnularia</i> sp3	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Pinnularia</i> sp4	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Pinnularia</i> sp5	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Pinnularia</i> sp6	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Planothidium lanceolatum</i>	1	0	0	0	0	1	0,18%
<i>Psammonthidium germainii</i>	0	0	1	0	0	1	0,18%
<i>Sellaphora atomoides</i>	1	0	2	0	0	3	0,53%
<i>Sellaphora</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0,00%
<i>Stauroneis</i> sp1	0	0	0	2	0	2	0,35%
<i>Stenopterobia krammeri</i>	3	6	11	7	18	45	7,89%
<i>Surirella robusta</i>	0	1	3	0	0	4	0,70%

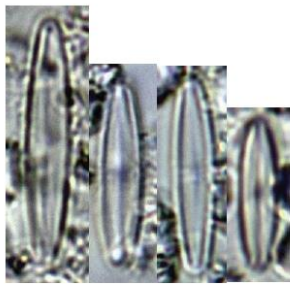
DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

<i>Tabellaria flocculosa</i>	0	0	1	9	2	12	2,11%
Total	94	94	114	128	140	570	100%

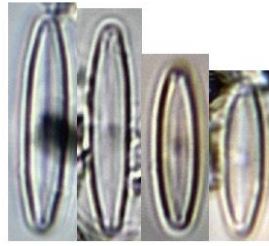
Anexo 5. Tabla de diversidad L2

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

PLATE 1



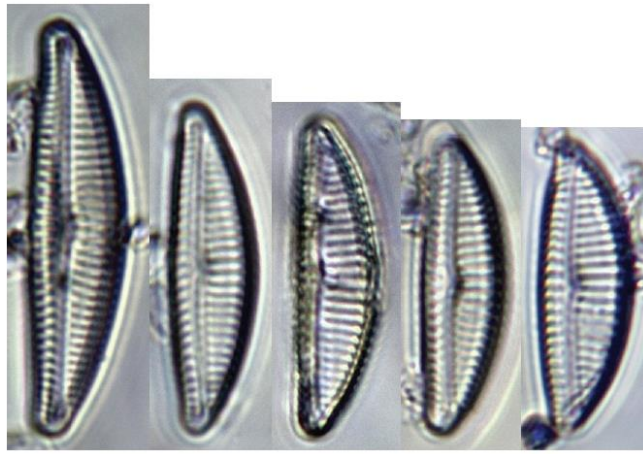
1-4



5-8



9



10-14



15

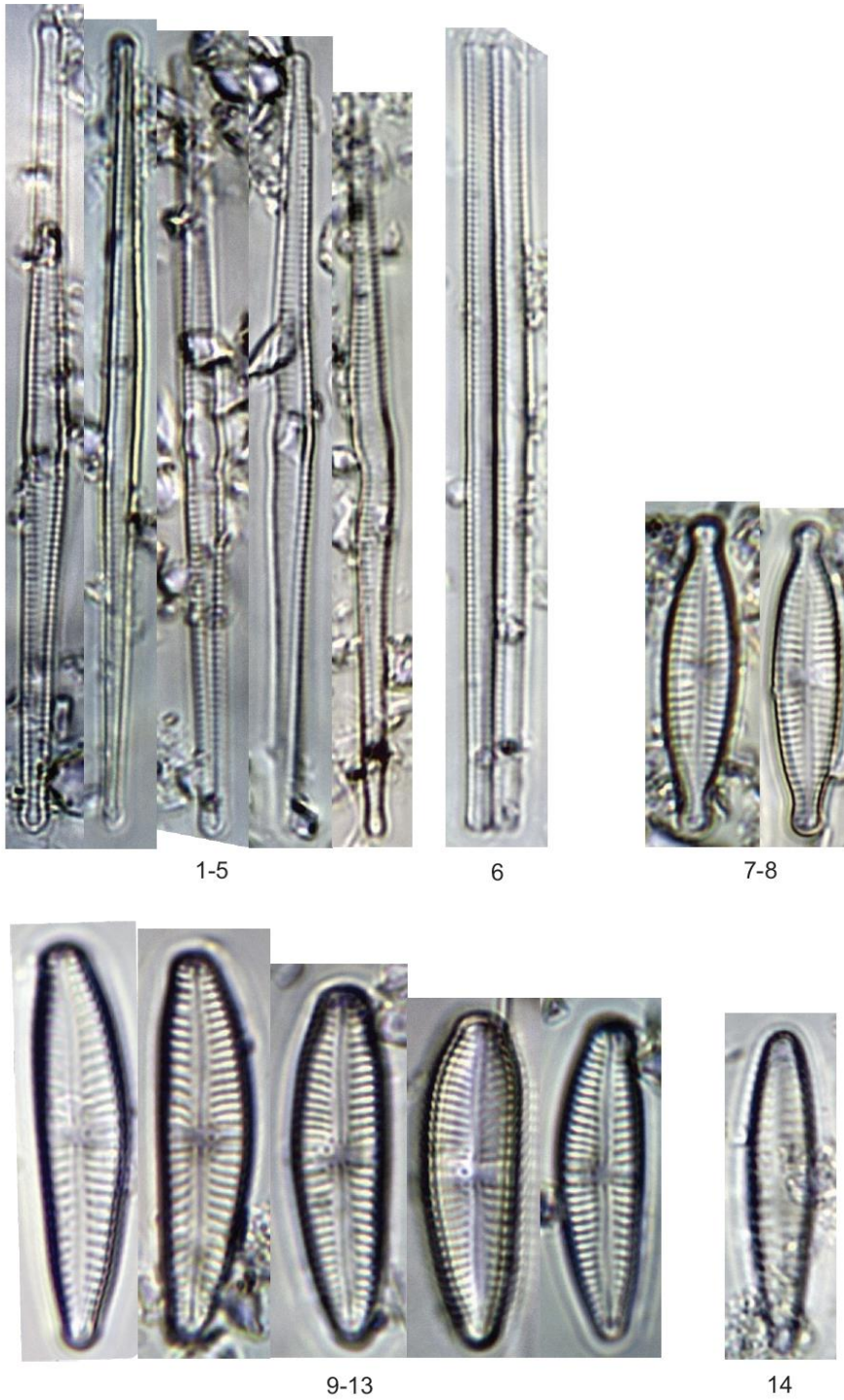


16-17

1-4 *Achnantheidium minutissimum*; 5-8 *Adlafia suchlandtii*; 9 *Encyonema minutum*; 10-14 *Encyonema neomesiacum*; 15 *Fragilaria* sp1; 16-17 *Fragilaria* sp1 terotogénica.

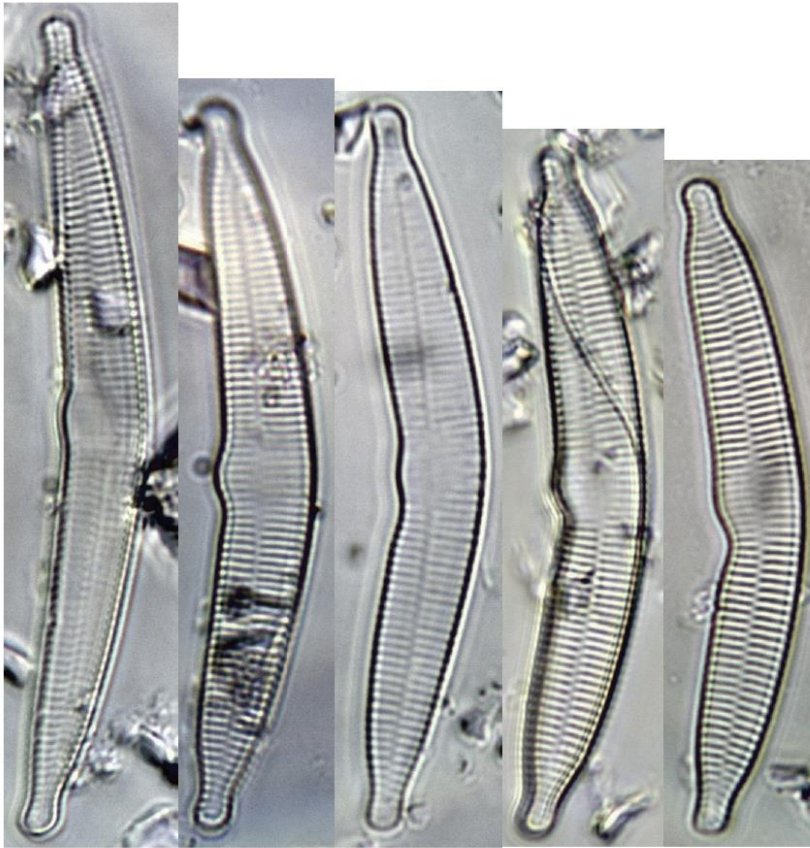
DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

PLATE 2



1-5 *Fragilaria tenera*; 6 *Fragilaria tenera* vista pleural; 7-8 *Gomphonema parvulum*; 9-13 *Gomphonema punae*; 14 *Gomphonema* sp.

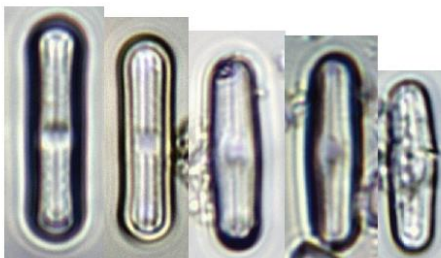
PLATE 3



1-5



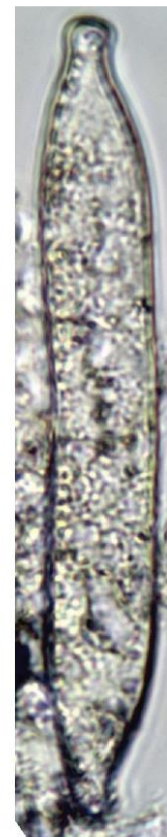
6



7-11

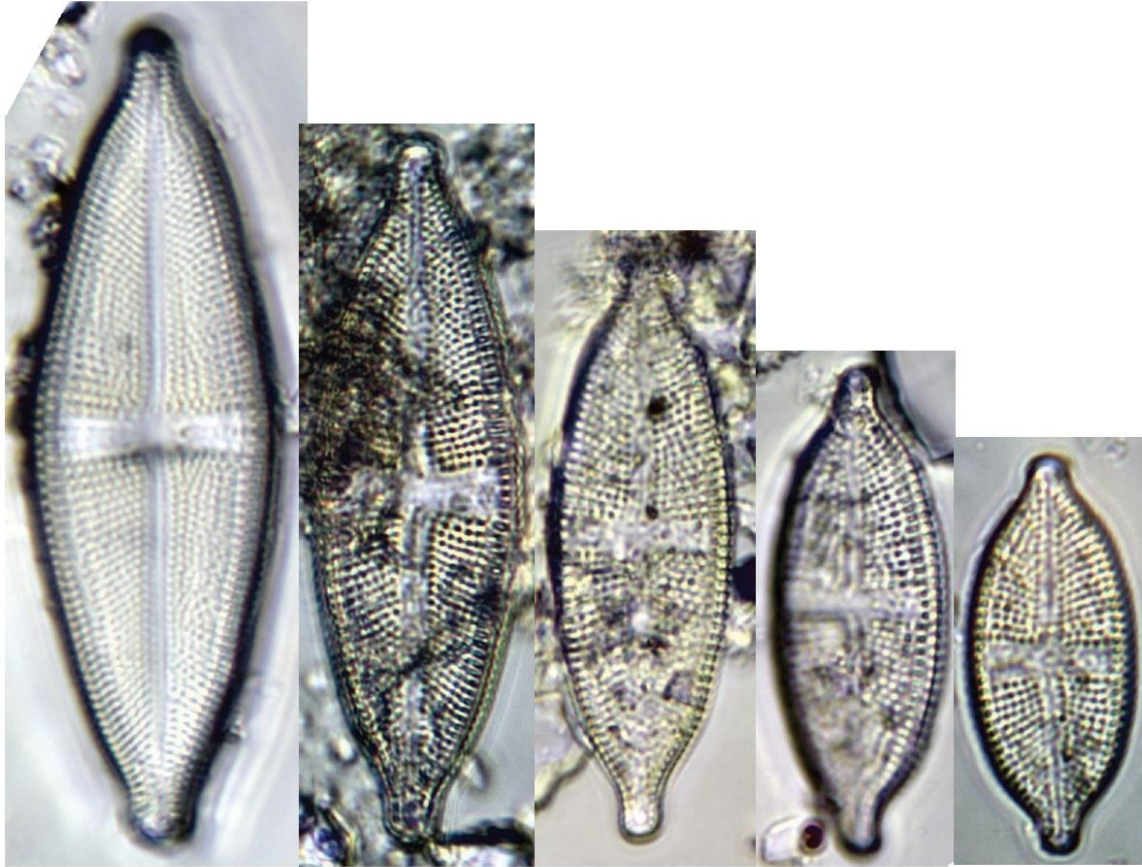


12



13

**1-5 *Hannaea arcus*; 6 *Hannaea arcus*; 7-11 *Humidophila contenta*;
12 *Humidophila lacunosa*; 13 *Hantzschia amphioxys*.**

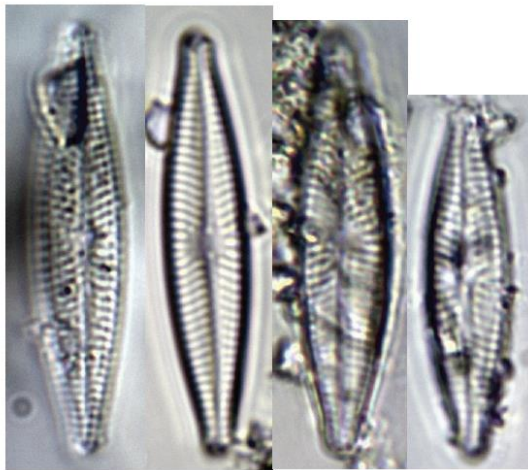


1-5



6

1-5 *Luticula hilgenbergii*; 6 *Luticola* sp1.



1-4



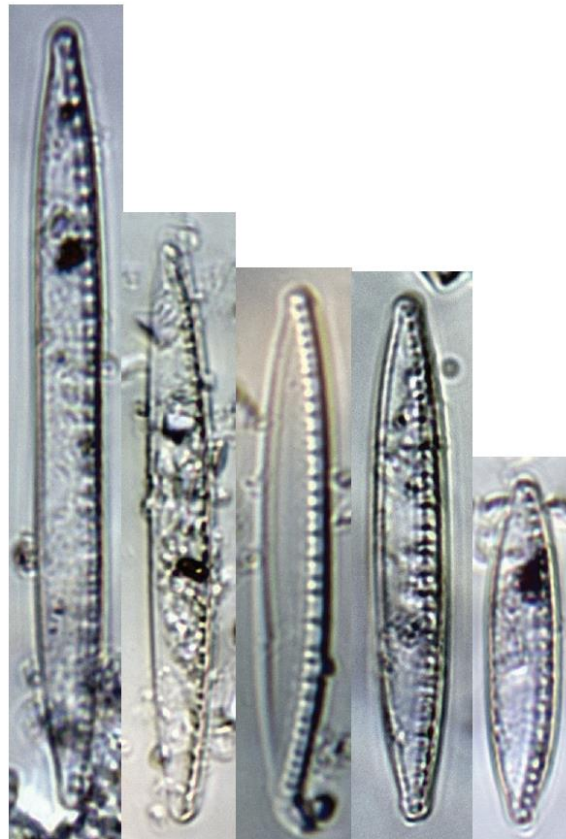
5-9



10-11



12

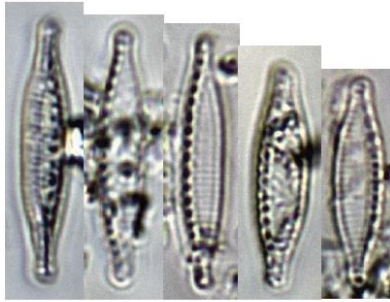


13-17

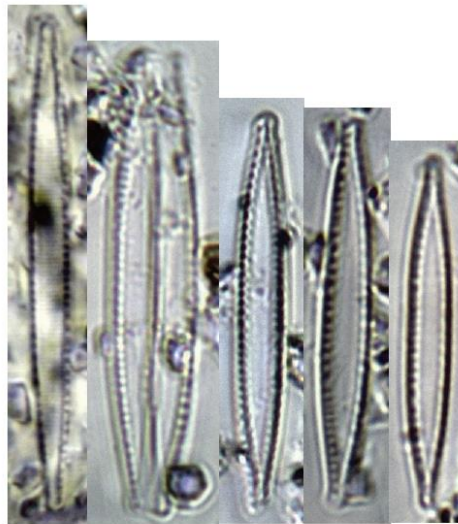
**1-4 *Navicula* sp1; 5-9 *Naviculadicta* sp; 10-11 *Nitzschia amphibia*; 12 *Nitzschia exilis*;
13-17 *Nitzschia media*.**

DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DE LAGUNAS DE DESHIELO DEL VOLCÁN ANTISANA, ECUADOR

PLATE 6



1-5



6-10



11-15



16



17



18

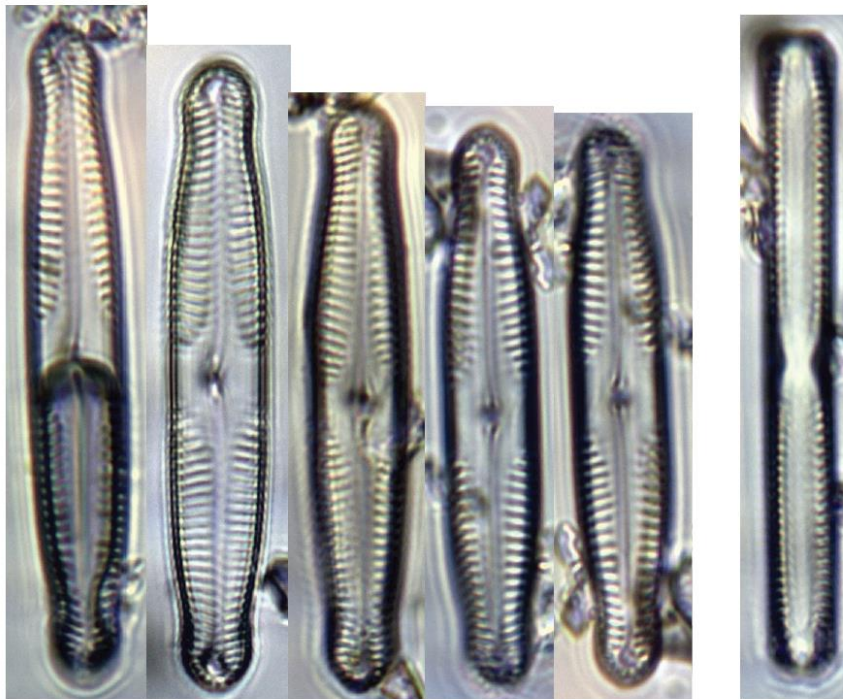
**1-5 *Nitzschia oberheimiana*; 6-10 *Nitzschia palea*; 11-15 *Nitzschia paleacea*;
16 *Nitzschia paleaformis*; 17 *Nitzschia sp1*; 18 *Nitzschia sp2*.**

PLATE 7



1-5

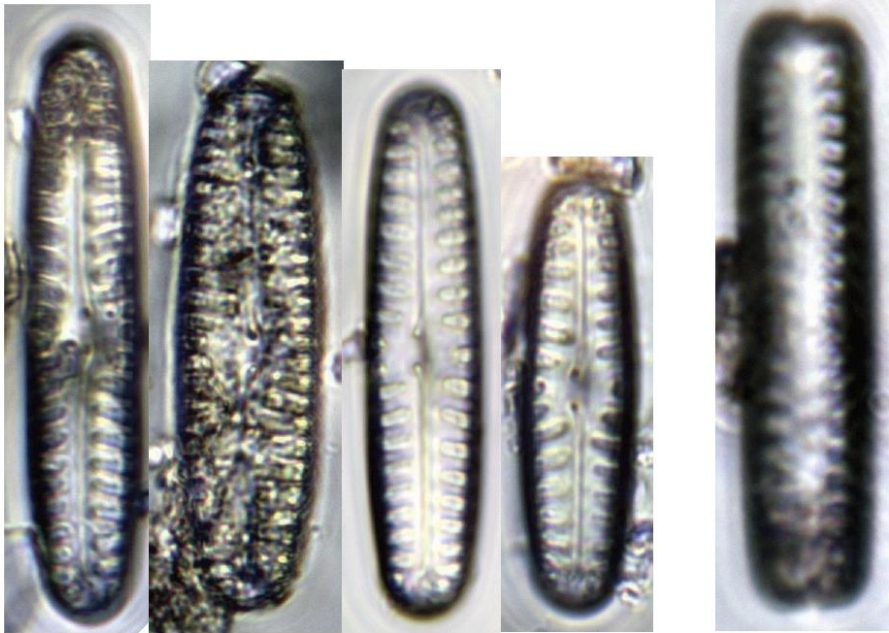
6



7-11

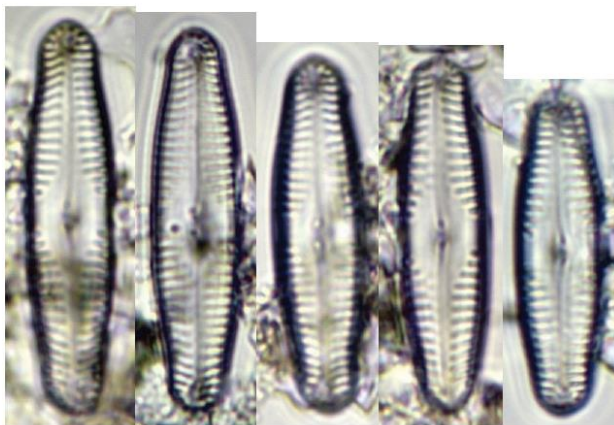
12

***1-5 Odontidium mesodon; 6 Odontidium mesodon vista pleural;
7-11 Pinnularia abaujensis; 12 Pinnularia abaujensis vista pleural.***



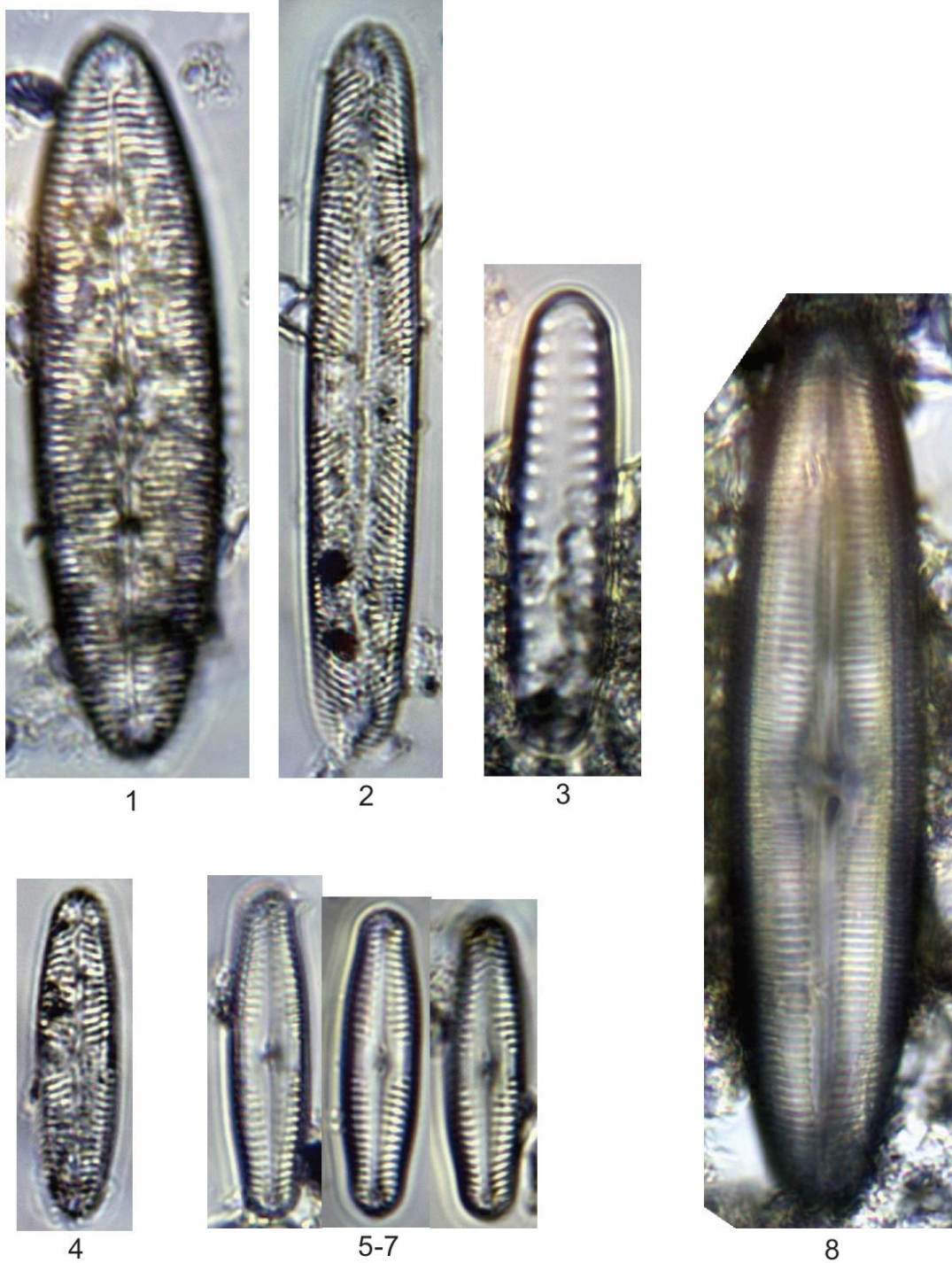
1-4

5



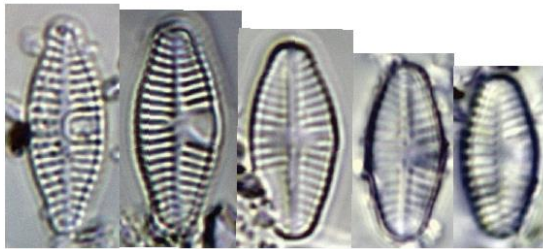
6-10

**1-4 *Pinnularia borealis* var. *borealis*; 5 *Pinnularia borealis* var. *borealis* vista pleural;
6-10 *Pinnularia saprophila*.**

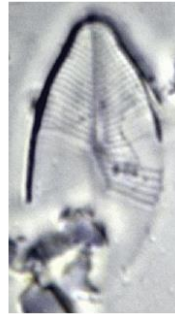


**1 *Pinnularia* sp1; 2 *Pinnularia* sp2; 3 *Pinnularia* sp3; 4 *Pinnularia* sp4;
5-7 *Pinnularia* sp5; 8 *Pinnularia* sp6.**

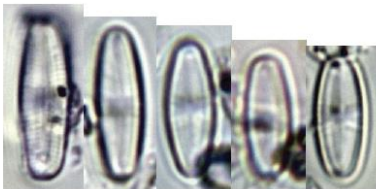
PLATE 10



1-5



6



7-11

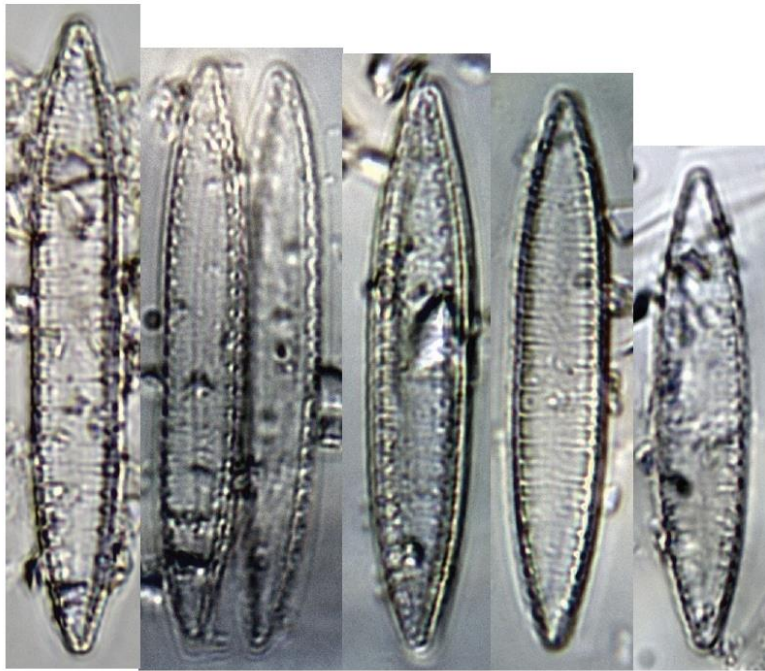


12

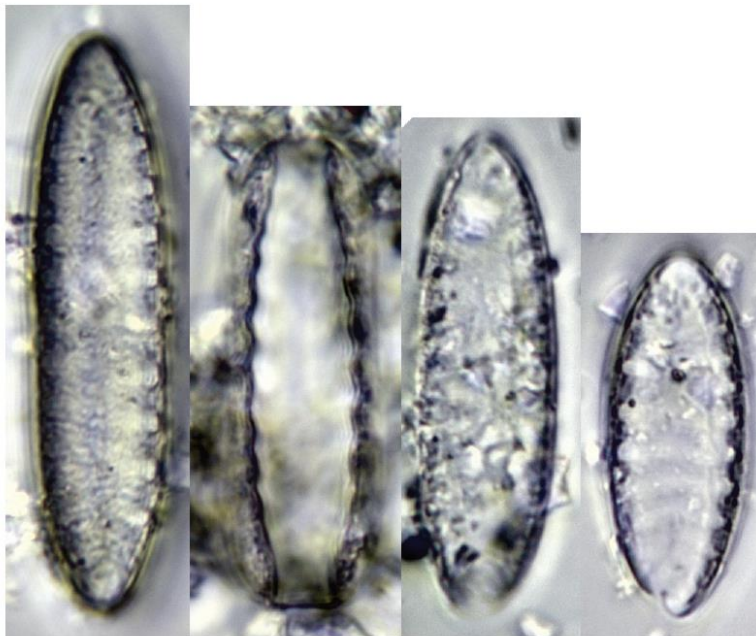


13-15

**1-5 *Planothidium lanceolatum*; 6 *Psammonthidium germainii*;
7-11 *Sellaphora atomoides*; 12 *Sellaphora sp1*; 13-15 *Stauroneis sp1*.**

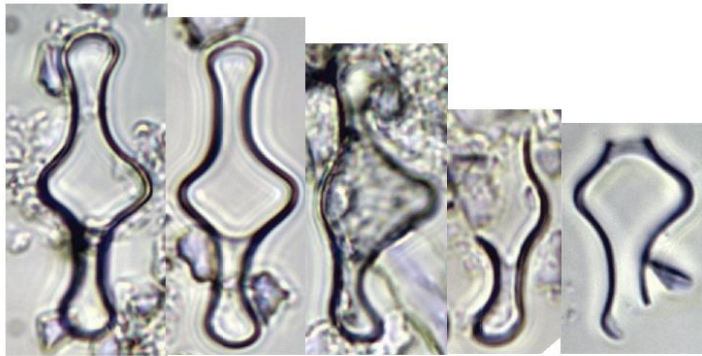


1-5



6-9

1-5 Stenopterobia krammeri; 6-9 Surirella robusta.



1-5

1-5 Tabellaria Flocculossa

Anexo 6. Especies identificadas en L1 y L2.