

Diversidad de diatomeas epífitas y epilíticas en el Río Aguas Blancas, recinto Triunfo dos, provincia de Sucumbíos-Ecuador

Diversity of epiphytic and epilithic diatoms in the Aguas Blancas River, Triunfo dos enclosure, Sucumbíos province, Ecuador

Joffre Marcelo García Quinatoa ¹ , Josselin Mayerli Suarez Aguilar ¹ ,
Jennifer Paola Moyón Dávila ¹ 

<https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBLGEL2324ep02-34>



Resumen

El Río Aguas Blancas en la provincia de Sucumbíos se encuentra influenciado por actividades agrícolas y ganaderas, lo que podría alterar la diversidad de diatomeas. A pesar de su importancia ecológica, no existen estudios taxonómicos en la zona. El presente estudio buscó determinar la diversidad de diatomeas epilíticas y epífitas en el río Aguas Blancas, analizar la variabilidad inter e intrapoblacional de especies y variedades, de las diatomeas recolectadas en cinco estaciones de muestreo a lo largo de 1.3 km durante octubre, noviembre y diciembre de 2023. Las muestras se recolectaron a partir del raspado de rocas y raíces de macrófitas y se procesaron en el laboratorio con peróxido de hidrógeno al 30 %. Se identificaron 6000 individuos y 168 especies de diatomeas, siendo *Navicula tripunctata* (Ai%=4,85) como la más abundante, indicando contaminación en el río. La diversidad fue alta, con dominancia alta y una comunidad homogénea, por otro lado, la variabilidad inter e intrapoblacional dependió de sus características morfológicas y merísticas. El análisis de similitud con el índice de Bray-Curtis dividió las estaciones en tres grupos, donde el grupo uno (estaciones P2RAB y P5RAB) presentó una similitud del 60 % de especies compartidas, mientras que el grupo dos (P3RAB y P4RAB) con el 58 % de especies de diatomeas y el grupo tres lo conformó la estación P1RAB con el 53 %. En conclusión, la diversidad alta se atribuye a la aportación de nutrientes por las actividades agrícolas y ganaderas en las áreas cercanas al río.

Palabras clave

taxonomía; variabilidad; morfológica; estaciones

Abstract

The Aguas Blancas River in the province of Sucumbíos is influenced by agricultural and livestock activities, which could alter the diversity of diatoms. Despite its ecological importance, there are no taxonomic studies in the area. The present study sought to determine the diversity of epilithic and epiphytic diatoms in the Aguas Blancas River, to analyze the inter- and intra-population variability of species and varieties of diatoms collected at five sampling stations along 1.3 km during October, November and December 2023. Samples were collected from scraping rocks and macrophyte roots and processed in the laboratory with 30 % hydrogen peroxide. A total of 6000 individuals and 168 species of diatoms were identified, with *Navicula tripunctata* (Ai%=4.85) as the most abundant, indicating contamination in the river. Diversity was high, with high dominance and a homogeneous community, on the other hand inter- and intra-population variability depended on their morphological and meristic characteristics. The similarity analysis with the Bray-Curtis index divided the stations into three groups, where group one (stations P2RAB and P5RAB) presented a similarity of 60 % of shared species, while group two (P3RAB and P4RAB) with 58 % of diatom species and group three was formed by station P1RAB with 53 %. In conclusion, the high diversity is attributed to the contribution of nutrients from agricultural and livestock activities.

Keywords

taxonomy; variability; morphological; stations

Direcciones

¹ Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. jm.garciaq@uea.edu.ec; jm.suarez@uea.edu.ec; jp.moyond@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia

Joffre Marcelo García Quinatoa. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. email: jm.garciaq@uea.edu.ec

Como citar

GARCÍA QUINATO, Joffre Marcelo, SUAREZ AGUILAR, Josselin Mayerli and MOYÓN DÁVILA, Jennifer Paola, 2024. Diversidad de diatomeas epífitas y epilíticas en el Río Aguas Blancas, recinto Triunfo dos, provincia de Sucumbíos-Ecuador. PrePrint UEA. 2024. vBLGEL2324, ep02-34. DOI <https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vBLGEL2324ep02-34>

Editores Académicos

Jorge Lenin León Arcos

Editorial

Editorial de la Universidad Estatal Amazónica
2025

Copyright:

Derechos de autor 2023-2025 UEA | PrePrint UEA

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0. 

Los autores del artículo autorizan a PrePrint UEA, a que este artículo se distribuya y sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0)

1. Introducción

Las diatomeas pertenecen al reino Chromista y más específicamente a la división Bacillariophyta son microorganismos unicelulares, fotosintéticos, autótrofos que se encuentran de forma solitaria o colonial (Soininen y Teittinen 2019; Cavalier-Smith

2018). Están relacionadas al reino vegetal por tener organelos celulares y pigmentos similares (Díaz y Maidana 2005). En el mundo probablemente existan aproximadamente 200.000 especies fósiles y vivientes de diatomeas (Castro, Cuasquer y Chavez 2020; Wang et al. 2022) comprendidas en 200 géneros. Sin

embargo, se estima que cada año se registren 100 nuevas especies de diatomeas (Serôdio y Lavaud 2020; Suresh et al. 2023).

Las diatomeas muestran un linaje muy diverso y su taxonomía está basada en su estructura (Vera, 2020). Su pared celular conocida como frústulo está formada por un 60 % de sílice polimerizada ($\text{SiO}_2\text{-nH}_2\text{O}$). Este frústulo se divide en dos partes: hipovalva, la inferior de mayor tamaño y epivalva, la superior de menor tamaño (Lora, López y Pérez 2020; Vera 2020; NCPOR 2023). Con relación al hábitat, las diatomeas se encuentran adaptadas a ecosistemas marinos o continentales, habitualmente con diferentes modos de vida adheridas a diferentes sustratos y recibiendo los siguientes nombres: epífitas (adheridas a plantas o macroalgas), episámicas (en granos de arena), epilíticas (adheridas a rocas) y epipélicas (adheridas a sedimentos) (Lobo et al. 2016; McGowan et al. 2018).

En términos ecológicos, la expresión de abundancia y riqueza de especies y taxones infra específicos, ayuda a la interpretación de la calidad de agua. Esto se debe a que son utilizadas como bioindicadores en el medio donde habitan, por la sensibilidad y tolerancia a los cambios ambientales (Barinova et al. 2023; Lora, López y Pérez 2020). Asimismo, son consideradas como productores primarios en la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos. Desempeñan funciones en el ciclo del carbono, debido a que componen en mayor parte la biomasa acuática (Cervantes-Urieta et al. 2020). Pues, son capaces de absorber carbono aportando hasta un 20% del oxígeno para los seres vivos (Leblanc et al. 2018).

Ecuador es uno de los 20 países más biodiversos a nivel mundial, sin embargo, existen pocos estudios de diversidad y ecología de diatomeas (Yaguana y Cartuche 2022). De los estudios realizados, se ha obtenido información útil para la gestión del recurso agua, lo que ha permitido desarrollar estrategias y objetivos de mejora de la calidad del agua (Lobo et al. 2016). Entre los que se destacan: Ballesteros et al. (2020); Benito et al. (2018); Casallas y Gunkel (2001); Castillejo et al. (2018); Fritz, Benito y Steinitz-Kannan (2019) y Molinero et al. (2019). En lo que respecta a la provincia en la provincia de Sucumbíos los estudios realizados por: De Oliveira y Kannan (1993); Gerecke, Fisher-Hartig y Kannan (2010) además, de tesis de pregrado desarrolladas en ecosistemas acuáticos intervenidos y en áreas protegidas que no han sido publicadas dando una gran aportación en base a la taxonomía y ecología del grupo taxonómico.

De esta manera, se propone como objetivo general: Determinar la diversidad de diatomeas epífitas y epilíticas del Río Aguas Blancas ubicado en el recinto Triunfo Dos en la provincia de Sucumbíos-Ecuador. Del mismo modo, se plantean tres objetivos específicos;

1_Analizar la variabilidad morfológica intra e inter poblacional de diatomeas epífitas y epilíticas; 2_Identificar taxonómicamente las diatomeas localizadas en el río aguas blancas y 3_Comparar la abundancia de las diatomeas entre las estaciones de muestreo.

2. Metodología

2.1. Ubicación geográfica

Esta investigación se realizó en el Río Aguas Blancas, que tiene aproximadamente 50 km de longitud, con coordenadas del recorrido norte-sur $0^{\circ}02'13.8''\text{S}$ $76^{\circ}46'31.3''\text{W}$ y un rango altitudinal entre 279 a 288 msnm. Se encuentra localizado en la parroquia El Eno, recinto Triunfo Dos, en el cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos (**Figura 1**). Este recinto alberga alrededor de 45 familias que se benefician del río Agua Blancas, principalmente para la agricultura, ganadería y la pesca. El río es alimentado por un riachuelo y un estero pequeño que se desplazan por pastizales para la ganadería. La precipitación anual oscila entre los 3000 mm a 3750 mm y con temperaturas que van desde los $22,6^{\circ}\text{C}$ a $26,5^{\circ}\text{C}$ (PDOT 2019). Los meses con mayor precipitación van desde marzo-noviembre, mientras que desde diciembre a febrero es una época seca con menor precipitación (Varela y Ron 2022).

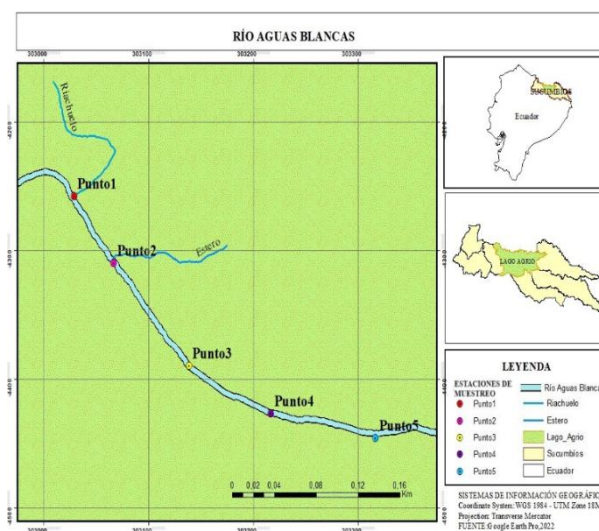


Figura 1 | Sitio de estudio del Río Agua Blancas y estaciones de muestreo. Este grafico fue editado en el programa Arcmap versión 10.8 con la utilización de Google Earth Pro, 2022 para la inserción de las coordenadas geográficas.

2.2 Fase de campo

2.2.1 Colecta y preservación de las muestras

Se establecieron cinco estaciones de muestreo cuyas muestras se colectaron en tres periodos durante los meses de octubre a diciembre del año 2023. Las estaciones se distribuyeron a 1,3 km del río Aguas Blancas y se ubicaron a diferentes altitudes. P1RAB (279,58 msnm), P2RAB (278,81 msnm), P3RAB

(272,31 msnm), P4RAB (285,65 msnm), P5RAB (288,82 msnm) (Tabla 1).

La selección de puntos de muestreo y la obtención de la muestra se basó en el protocolo propuesto por (ECS-*European Committe for Standardization* 2003), para las muestras epilíticas se realizó con un cepillo la técnica de raspado y se escogió de 3 a 5 rocas de 20 cm² y las muestras epífitas fueron a partir de palos o restos vegetales que se encontraban ligeramente sumergidos.

Tabla 1 | Estaciones de muestreos del Río Aguas Blancas del Recinto Triunfo Dos

Estación de muestreos	Código de muestra	Coordenadas geográficas X Y	Descripción de cada punto de muestreo y sustrato para muestrear.	Actividades antropogénicas
Estación 1	P1RAB	303029	9995742-Unión de un riachuelo con el río -Palos	-Ganadería
Estación 2	P2RAB	303067	9995690-Unión de un estero con el río aguas blancas. -Palos	
Estación 3	P3RAB	303139	9995610-En el lado oeste del río son pastizales y lado este son bosques de cobertura arbustivos. -Rocas	
Estación 4	P4RAB	303217	9995573-Rodeado por una pequeña zona boscosa y pastizales. -Rocas -Bordes del Río	
Estación 5	P5RAB	303317	9995554-Bosque intervenido con fines agrícolas. -Palos	-Ganadería -Actividades agrícolas

2.3. Fase de Laboratorio

2.3.1. Pretratamiento de las muestras colectadas de diatomeas epífitas y epilíticas

La fase de laboratorio se basó en el protocolo propuesto por (Battarbee 1986; Battarbee et al. 2001 y ECS-*European Committe for Standardization* 2003) que consistió en la oxidación de la materia orgánica con ayuda de peróxido de hidrógeno (H₂O₂ al 30 %) a una temperatura constante de 100 °C durante 24 horas consecutivas, hasta obtener un pellet amarillento de 15 mL de muestra previamente homogenizada en tubos de ensayo de 80 ml para cada estación de muestreo.

2.3.2. Preparación y montaje de láminas permanentes de muestras

Se realizó submuestras en tubos eppendorf a partir de alícuotas extraídas de las muestras pretratadas. Se agregó agua destilada hasta obtener una muestra incolora para diluir los sedimentos. Con el uso de la pipeta se extrajo la muestra para colocarla en el cubreobjeto redondo de 18 mm de diámetro, añadiendo alícuotas para su concentración. Se dejó secar a temperatura ambiente por 24 horas.

Para el montaje de cada lámina permanente se calentó una gota de la resina Naphrax® (índice de refracción de 1,74) sobre la superficie del portaobjeto a una temperatura aproximada de 60 °C. Luego, se colocó el cubreobjeto con las muestras secas preparadas. Finalmente, se dejó reposar sobre una superficie plana para la observación microscópica.

Luego, cada muestra se transfirió a un frasco de 100ml previamente etiquetado con la fecha, código de muestreo y colectores (Anexo 1). Posteriormente, las muestras fueron preservadas con 1 ml de alcohol al 70 % por cada ml de muestra. Finalmente, las muestras se trasladaron en un cooler con hielo seco al laboratorio de Biología de la Universidad Estatal Amazónica (UEA) sede Lago Agrio.

2.3.3. Conteo e identificación taxonómica de las diatomeas

A partir de la observación microscópica se realizó el conteo e identificación taxonómica de diatomeas con la ayuda de un microscopio óptico binocular adaptado con una cámara AmScope MD35 (Max Res: 640x480) bajo el aumento de 100x. El registro fotográfico se realizó por medio del software AmScope versión 4.11. Para el conteo se utilizó el protocolo propuesto por Blanco (2010), quien menciona utilizar la escala de Vernier para obtener las coordenadas graduales y alcanzar a 400 valvas por cada lámina.

Para el análisis de la variabilidad inter e intraespecífica tanto en diatomeas epilíticas y epífitas, en la edición de las fotografías se utilizó el programa *CorelDraw Graphics Suite 2023*, todas las valvas fotografiadas se las redujo a una escala de 10 µm, seguido de la conformación de poblaciones similares de acuerdo con su tamaño, desde la célula más grande a la más pequeña de las especies registradas en cada estación de muestreo.

Finalmente, para la identificación taxonómica de especies y variedades se basó, siempre que sea posible, en el análisis del material tipo, bibliografía especializada tal como: Barber y Haworth (1981); Krammer y Lange-Bartalot (1986); Krammer y Lange-Bartalot (1989); Krammer y Lange-Bartalot (1991); Metzeltin y Lange-Bartalot (1998); Metzeltin, Lange-Bartalot y García-Rodríguez (2005); Metzeltin (2007); Reichardt (1984); Reichardt (1999); Rumrich, Lange-Bartalot y Rumrich (2000); Werum, Lange-Bartalot y Reichardt (2004); Lange-Bartalot y Krammer (1987); Lange-Bartalot (1993); Ehrenberg (1838); Krammer

(1997); Krammer (1997); Krammer (2002); Moyón (2016) y se utilizó páginas web con base en estudios de diatomeas como sin ANSP (<http://symbiont.ansp.org/dntf/>), AlgaBase (<https://www.algaebase.org/>) Diatoms of North América (<https://diatoms.org/>) y Diatom flora of Britain and Ireland (<https://naturalhistory.museumwales.ac.uk/diatoms/Home.php>).

2.4. Análisis de datos

A partir del conteo de 400 valvas por lámina permanente de los diferentes periodos de muestreo, se utilizó una hoja de cálculo en el programa Excel 2019 para calcular la abundancia absoluta (A_i) y relativa ($A_i\%$). Posteriormente, los valores de $A_i\%$ de las especies y categorías infraespecíficas fueron introducidos en el software PAST versión 4.04 para determinar la diversidad de Shannon (H'), la dominancia de Simpson ($1-D$) y la equitatividad de Pielou (J'). Asimismo, se realizó la curva de acumulación de especies para evaluar el esfuerzo de muestreo aplicado en las estaciones de muestreo. Finalmente, para comparar la abundancia de diatomeas epilíticas y epífitas entre los puntos de muestreo, se empleó el índice de similitud de Bray-curtis y para visualizar gráficamente dicha similitud se realizó el análisis de clúster clásico.

2.5 Planteamiento de hipótesis

Para la comprobación las hipótesis planteadas, se empleó la prueba no paramétrica de *Kruskall-Wallis*,

trabajando con un nivel de significancia de 0,05. Las hipótesis formuladas fueron las siguientes:

Ho: La abundancia de diatomeas epífitas y epilíticas varía entre las estaciones de muestreo.

Ha: La abundancia de diatomeas epífitas y epilíticas es constante entre las estaciones de muestreo.

Ho: La riqueza de diatomeas epífitas y epilíticas difiere entre las estaciones de muestreo entre las estaciones de muestreo.

Ha: La riqueza de especies de diatomeas epífitas y epilíticas es uniforme diferente entre las estaciones de muestreo.

Ho: La riqueza de especies de diatomeas epífitas y epilíticas es diferente entre los periodos de muestreo.

Ha: La riqueza de especies de diatomeas epífitas y epilíticas no varía entre las estaciones de muestreo y periodos de muestreo

3. Resultados

3.1. Análisis de la variabilidad intra e interpoblacional de diatomeas epífitas y epilíticas e identificación taxonómica de Río Aguas Blancas del recinto Triunfo Dos

Se describió la variabilidad intra e interpoblacional, mediante la obtención de características merísticas (largo, ancho y número de estrías, areolas y/o fíbulas en escala de 10 μ m) y morfológicas de las especies de diatomeas epífitas y epilíticas, las cuales se registraron en una matriz de Excel (

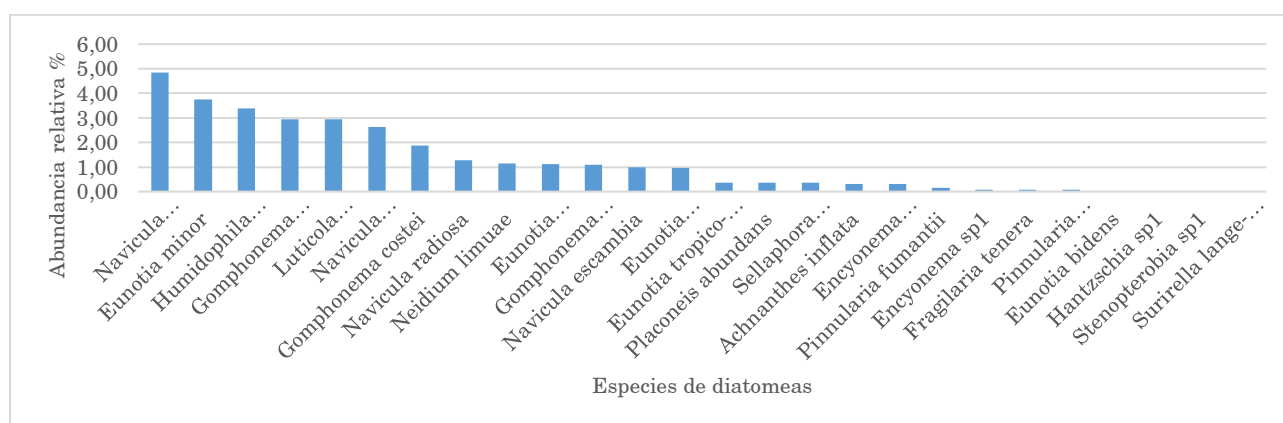


Figura 2 | Especies de diatomeas epífitas y epilíticas del RAB de mayor a menor abundancia relativa ($A_i\%$).

A partir del análisis anterior se identificaron un total de 6000 individuos distribuidos en 168 especies de diatomeas clasificadas en 40 géneros. Entre las más abundantes se encontraron: *Navicula tripunctata*, *Eunotia minor*, *Humidophila lacunosa*, *Gomphonema brasiliense*, *Luticola goeppertiana*, *Navicula cryprocephala*, *Gomphonema costei*, *Navicula radiosa*, *Neidium Limue*, *Eunotia rabenhorstii*, *Gomphonema daphnoides*. Mientras que las especies con menor

abundancia fueron: *Pinnularia fumantii*, *Encyonema sp1*, *Fragilaria tenera*, *Pinnularia rhomboelliptica*, *Eunotia bidens*, *Hantzschia sp1*, *Stenopterobia sp1* y *Surirella lange-bertalotii* (**Figura 2.**)

3.2 Riqueza de especies de diatomeas presentes en el Río Aguas Blancas (RAB) por estación de muestreo

Las estaciones de muestreo que mostraron una mayor riqueza fueron el P2RAB ($S=123$), seguida por el

P1RAB y P4RAB, que presentaron igual número de especies (S=122) (**Tabla 2**).

Tabla 2 | Riqueza de diatomeas epifitas y epilíticas del RAB en las diferentes estaciones de muestreo

Estaciones de Muestreo	P1RAB	P2RAB	P3RAB	P4RAB	P5RAB
Riquezas(S)	122	123	11	122	108

Las especies más abundantes en P2RAB fueron: *Navicula tripunctata* (5,92 %), *Navicula cryptocephala* (5,75 %) y *Nitzschia palea* (4,67 %). En P1RAB fueron: *N. tripunctata* (6,75%), *Humidophila lacunosa* (5,75 %) y *Caloneis langlebertalotioides* (5,25 %). Por el contrario, para P4RAB se encontraron: *Amphora copulata* (5,08 %), *Navicula tripunctata* (4,67 %) y *Gomphonema brasiliense* (3,83 %) (**Figura 3**).

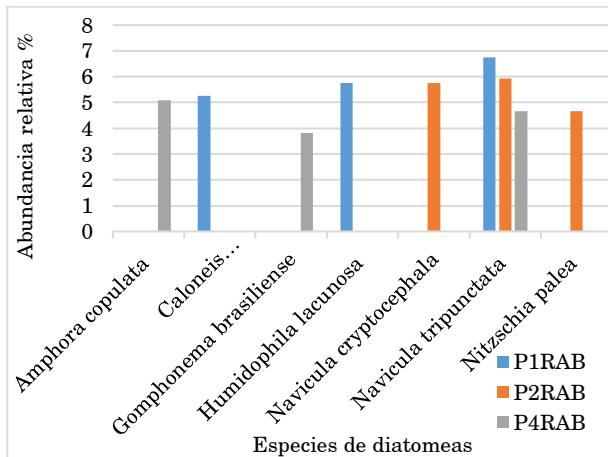


Figura 3 | Abundancia relativa de las estaciones P2RAB, P1RAB y P4RAB

3.3 Riqueza específica de especies por periodo de muestreo

El mes que presentó mayor número de especies correspondió al mes de noviembre con (S=146) especies, seguido del mes de octubre (S=135) y el mes de diciembre con (S=131) especies (**Tabla 3**).

Tabla 3 | Riqueza de diatomeas epifitas y epilíticas entre los periodos de muestreo del Río Aguas Blancas

Período de Muestreo	Octubre	Noviembre	Diciembre
Riquezas(S)	135	146	131

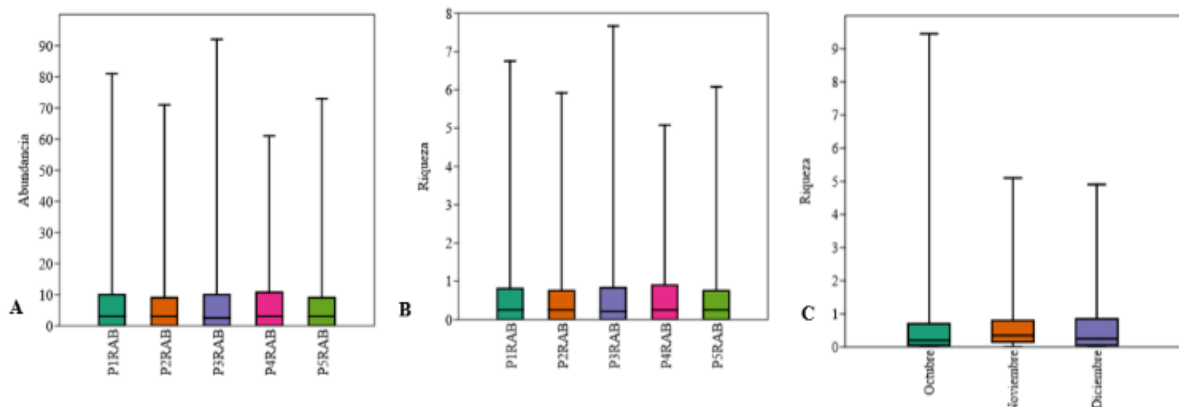


Figura 5 | Diferencias significativas de abundancia relativa de especies (A), de la riqueza específica entre estaciones de muestreo (B) y de la riqueza específica entre periodos de muestreo en el Río Aguas Blancas. **Nota:** Cada barra de error representa una región conformada por la medida de la abundancia y riqueza, respectivamente en cada caso $\pm$ dos veces su desviación estándar (línea vertical)

Las especies que predominaron en el mes de octubre fueron *Navicula tripunctata* (9,45 %), *Humidophila lacunosa* (4,1%) y *Luticola goeppertiana* (3,90 %). En el caso del mes de noviembre las especies más abundantes fueron *Gomphonema costei* (5,1 %), *Amphora copulata* (3,2 %) y *Eunotia minor* (2,85 %). Finalmente, para el mes de diciembre las especies más abundantes fueron: *Eunotia minor* (4,9 %), *Humidophila lacunosa* (4,65 %) y *Gomphonema brasiliense* (4,4 %) (**Figura 4**).

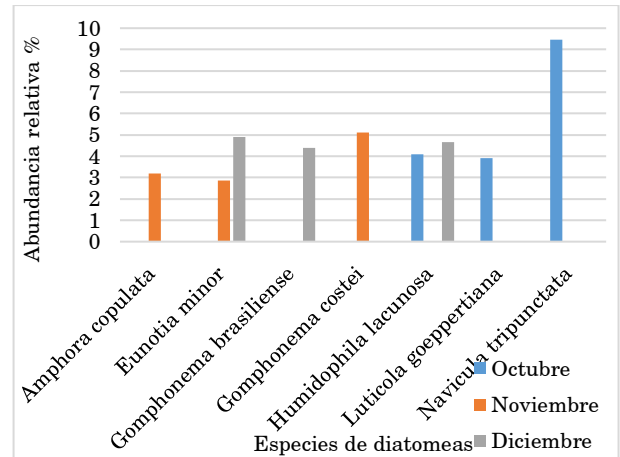


Figura 4 | Especies más abundantes entre periodos de muestreo

3.4. Comprobación de las hipótesis planteadas

Para verificar las tres hipótesis planteadas, se realizó la prueba de Kruskal Wallis, trabajando con un nivel de significancia de 0,05. Como primera hipótesis nula, se propuso que la abundancia de diatomeas es constante entre las estaciones de muestreo. Según la prueba de Kruskal-Wallis, se aceptó la hipótesis alternativa ($p = 0,88$). Por otro lado, en relación a la hipótesis nula de que la riqueza difiere entre las estaciones de muestreo, se identificó que no existen diferencias significativas ($p = 0,904$). Finalmente, para la tercera hipótesis, donde se plantea que la riqueza de especies es diferente entre los periodos de muestreo, se obtuvieron diferencias significativas ($p = 0,029$) (**Figura 5**).

3.5. Índices de diversidad de especies de diatomeas

El Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') calculado para las cinco estaciones de muestreo durante los tres periodos mostró que el mayor valor se presentó en la estación P4RAB ($H'=4,31$), lo que indica una diversidad alta. Por otro lado, los valores de dominancia de Simpson ($1-D$) indicaron una alta dominancia para todas las estaciones de muestreo (Tabla 4). En cuanto a la Equidad de Pielou (J'), se observaron valores cercanos a 1 en todas las estaciones de muestreo, especialmente en P4RAB (0,89) y P5RAB (0,90). Esto significa la comunidad es homogeneidad.

Tabla 4 | Índices de diversidad de diatomeas por estaciones de muestreo del Río Aguas Blancas

Índices	Estaciones de Muestreo				
	P1RAB	P2RAB	P3RAB	P4RAB	P5RAB
Simpson_1-D	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Simpson_H	4,24	4,26	4,17	4,31	4,22
Pielou_J	0,88	0,88	0,88	0,89	0,90

3.6. Curva de acumulación de especies entre estaciones de muestreo

Mediante este análisis con 95% de confianza, se observó que la asíntota de la curva de acumulación de especies se estabilizó, lo que demuestra que el conteo de 400 valvas por estación de muestreo fue adecuado (Figura 6). Además, el análisis permitió confirmar lo observado en la sección de riqueza de especies (Tabla 2), donde las estaciones P1RAB, P2RAB, P4RAB presentaron un número similar de especies. En contraste, las estaciones P3RAB y P5RAB que obtuvieron un menor valor.

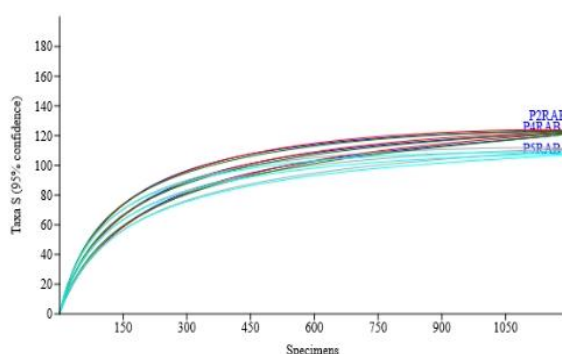


Figura 6 | Curva de rarefacción de especies de diatomeas por estación de muestreo RAB

3.7. Comparación de la similitud entre estaciones de muestreo del RAB con la presencia de diatomeas epilíticas y epifíticas

Para poder determinar la similitud entre las estaciones de muestreo se realizó un análisis de Clúster utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis (Figura 7). Este análisis mostró que las estaciones P2RAB-P5RAB fueron las que

presentaron el mayor porcentaje, con un 60 %, y compartieron especies como *Navicula tripunctata*, *Eunotia minor*, *Cyclotella meneghiniana*, *Humidophila lacunosa*, *Gomphonema parvulum* y *Encyonema silesiacum*. Por otro lado, las estaciones P3RAB-P4RAB reflejaron una similitud del 58 %, entre las especies que se comparten se encuentran *Gomphonema brasiliense*, *Luticola goeppertiana*, *Eunotia minor*, *Navicula tripunctata*, *Stauroneis separanda* y *Navicula radiosa*, la estación con menor similitud fue P1RAB (53 %), y por ende no se agrupó con ninguna de las estaciones de muestreo.

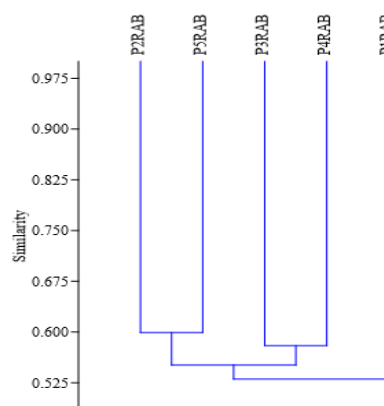


Figura 7 | Análisis Clúster entre estaciones de muestreo y presencia de diatomeas

3.8 Comparación de la similitud entre los periodos de muestreo del RAB

En esta comparación, se observó una mayor similitud entre los periodos de muestreo de diciembre-octubre (72 %). Entre las especies que se comparten se encuentran *Humidophila lacunosa*, *Luticola goeppertiana* y *Gomphonema parvulum*. En contraste, el periodo de noviembre no se agrupó a ninguno, estableciendo una similitud del 54 % con los dos periodos anteriormente mencionados (Figura 8).

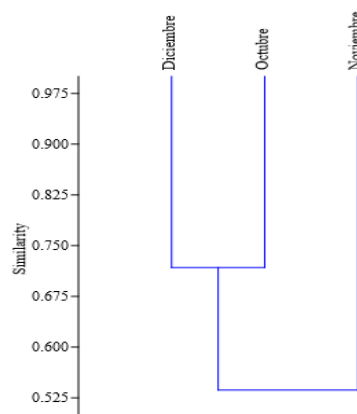


Figura 8 | Análisis Clúster entre los periodos de muestreo y presencia de diatomeas

3.9 Discusión

Las especies predominantes en el río Aguas Blancas fueron *Navicula tripunctata*, *Eunotia minor*, *Humidophila lacunosa*, *Gomphonema brasiliense*, *Luticola*, *goeppertiana*, *Navicula cryprocephala*, *Gomphonema costei*, *Navicula radiosa*, *Neidium limue*, *Eunotia rabenhorstii* y *Gomphonema daphnoides*. Estas especies comparten la característica de ser cosmopolitas y dulceacuícolas, con una preferencia por habitar adheridas a sustratos (Mercado-Reyes y Álvarez-Montero 2022). Este patrón se confirma en este estudio, donde se constató su presencia mayormente en rocas y restos vegetales recolectados.

Aunque el presente estudio no aborda directamente inferencias ecológicas, es importante destacar que las especies identificadas son indicadoras de ecosistemas eutrofizados (Sharma, Nautiyal y Nautiyal 2022; Maiquiza y Tonato 2020). Esto sugiere que las actividades antropogénicas, como la agricultura y ganadería, en las áreas circundantes a las estaciones de muestreo establecidas, así como las variaciones en las precipitaciones durante los periodos de muestreo, podrían haber influido en la diversidad observada.

En tal sentido, Pérez, Torres y Lara-Borrero (2024), mencionan que las actividades antropogénicas pueden inducir la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, lo que afecta la composición de la comunidad de diatomeas. Además, según Lange-Bertalot (1979), las especies tolerantes a cambios ambientales pueden reducir la riqueza o abundancia de otras especies, especialmente en periodos de alta precipitación. Adicionalmente, Syers (2017) señala que la precipitación incrementa el arrastre del material orgánico e inorgánico en el río, a causa del aumento del caudal y la velocidad de la corriente. Esto se confirmó con los resultados de las pruebas de hipótesis en este estudio, donde mostraron una significativa relación entre la riqueza de diatomeas y el periodo de muestreo, posiblemente debido a una alta precipitación de 653,3mm de lluvias registradas en días anteriores a la recolección de muestras en octubre y diciembre. A diferencia del mes de noviembre, donde se registró mayor riqueza debido a una menor precipitación de 201,8mm promedio de lluvias (Paliz et al. 2021).

En el caso específico del río Aguas Blancas se observó que los meses con mayores niveles de precipitación fueron octubre y diciembre, lo que correlacionó con una disminución en la diversidad. Por otro lado, la utilización de fertilizantes y el aporte de heces de

ganado a través de la escorrentía podrían haber contribuido a la disminución de la riqueza de especies de diatomeas en la estación P5RAB, la cual está ubicada más cerca de áreas de agricultura y ganadería.

En base al análisis comparativo de similitud por estación de muestreo con la presencia de diatomeas, se observó que la estación P1RAB exhibió menor similitud del 53% en comparación con las demás estaciones. Este fenómeno podría estar relacionado con la escasez del sustrato presente en el sitio de estudio, lo que limita la capacidad de las diatomeas bentónicas para adherirse mediante su rafe. Como lo señala Thacker y Karthick (2022) y Blanco et al. (2011), en los estudios realizados sobre diatomeas menciona que si es posible que exista un aumento poblacional o disminución de especies de acuerdo a los sustratos disponibles en el medio.

4. Conclusiones

En el río Aguas Blancas (RAB) del Recinto Triunfo Dos, se encontró una diversidad de Shannon-Wiener alta ($H' = 4.2$) debido a la disponibilidad de nutrientes generados a partir de las actividades agrícolas y ganaderas en el área de estudio. Por medio del análisis inter e intraespecífico de especies y variedades de diatomeas se demostró la necesidad de observar el conjunto poblacional para una correcta identificación. De esta manera, se identificó taxonómicamente un total de 6000 individuos correspondientes a 168 especies de diatomeas epilíticas y epifitas. La especie que se destacó fue *Navicula tripunctata*, indicadora de mala calidad de agua.

Por otro lado, en la comparación entre las estaciones de muestreo con la presencia de diatomeas, no existió mayor variación en la similitud puesto que todas están influenciadas por actividades antropogénicas. En efecto, la estación con mayor similitud fue P2RAB-P5RAB con el 60 %, debido a la influencia cercana a la agricultura y ganadería. Así pues, las especies, *Navicula tripunctata*, *Eunotia minor* y *Cyclotella meneghiniana*, encontradas en las estaciones antes mencionadas, son indicadoras de contaminación. En cambio, el segundo grupo P3RAB-P4RAB con el 58% de similaridad, compartió especies como *Gomphonema brasiliense*, *Luticola goeppertianna*, *Eunotia minor* también indicadoras de contaminación.

Contribuciones de los autores **Joffre Marcelo García Quinatoa:** Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada
Josselin Mayerli Suarez Aguilar: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada
Jennifer Paola Moyón Dávila: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Conflicto de intereses de los autores Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias Bibliográficas

BALLESTEROS, I., CASTILLEJO, P., HARO, A.P., MONTES, C.C., HEINRICH, C. y LOBO, E.A., 2020. Genetic barcoding of Ecuadorian epilithic diatom species suitable as water quality bioindicators. *Comptes Rendus Biologies*, vol. 343, no. 1, ISSN 1768-3238. DOI 10.5802/crbiol.2.

BARBER, H.G. y HAWORTH, E.Y., 1981. A guide to the morphology of the DATOM FRUSTULE. S.l.: Freshwater biological association Scientific Publication. ISBN 0-900386-42-8.

BARINOVA, S., GABYSHEV, V., GENKAL, S. y GABYSHEVA, O., 2023. Diatoms of Small Water Bodies as Bioindicators in the Assessment of Climatic and Anthropogenic Impacts on the Coast of Tiksi Bay, Russian Arctic. *Water*, vol. 15, no. 8, ISSN 2073-4441. DOI 10.3390/w15081533.

BATTARBEE, R.W., 1986. Diatom analysis. In: Berglund B.E. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. S.l.: s.n.

BATTARBEE, R.W., JONES, V., FLOWER, R., CAMERON, N., BENNION, H., CARVALHO, L. y JOGGINS, S., 2001. Diatoms. In: Smol, J.P.; Birks, H.J.B.; Last, W.M. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. London. S.l.: Kluwer Academic Publishers. vol. 3.

BENITO, X., FRITZ, S.C., STEINITZ-KANNAN, M., TAPIA, P.M., KELLY, M.A. y LOWELL, T.V., 2018. Geo-climatic factors drive diatom community distribution in tropical South American freshwaters. *Journal of Ecology* [en línea], vol. 106, no. 4, [consulta: 6 febrero 2024]. ISSN 1365-2745. DOI 10.1111/1365-2745.12934. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2745.12934>.

BLANCO, S., ÁLVAREZ-BLANCO, I., CEJUDO-FIGUEIRAS, C. y BÉCARES, E., 2011. Guía de las

diatomeas de la cuenca del Duero. Valladolid. Confederación Hidrográfica del Duero: s.n.

CASALLAS, J.E. y GUNKEL, G., 2001. Algunos aspectos limnológicos de un lago altoandino: el lago San Pablo, Ecuador. *Limnetica* [en línea], vol. 20, no. 2, [consulta: 6 febrero 2024]. ISSN 0213-8409. DOI 10.23818/limn.20.21. Disponible en: <https://www.limnetica.net/documentos/limnetica/limnetica-20-2-p-215.pdf>.

CASTILLEJO, P., CHAMORRO, S., PAZ, L., HEINRICH, C., CARRILLO, I., SALAZAR, J.G., NAVARRO, J.C. y LOBO, E.A., 2018. Response of epilithic diatom communities to environmental gradients along an Ecuadorian Andean River. *Comptes Rendus Biologies*, vol. 341, no. 4, ISSN 1768-3238. DOI 10.1016/j.crv.2018.03.008.

CASTRO, D., CUASQUER, J. y CHAVEZ, E., 2020. Use of natural diatoms for drug delivery. *Bionatura* [en línea], vol. 5, no. 3, [consulta: 6 febrero 2024]. ISSN 13909347, 13909355. DOI 10.21931/RB/2020.05.03.20. Disponible en: <https://www.revistabionatura.com/2020.05.03.20.html>.

CAVALIER-SMITH, T., 2018. Kingdom Chromista and its eight phyla: a new synthesis emphasising periplastid protein targeting, cytoskeletal and periplastid evolution, and ancient divergences. *Protoplasma* [en línea], vol. 255, no. 1, [consulta: 6 febrero 2024]. ISSN 1615-6102. DOI 10.1007/s00709-017-1147-3. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00709-017-1147-3>.

CERVANTES-URIETA, V.A., PÉREZ-CASTRO, D., GALEANA-PARRA, M.A., RAMÍREZ-FUENTES, E., TRUJILLO-TAPIA, M.N., CERVANTES-URIETA, V.A., PÉREZ-CASTRO, D., GALEANA-PARRA, M.A., RAMÍREZ-FUENTES, E. y TRUJILLO-TAPIA, M.N., 2020. Cultivo y composición bioquímica de diatomeas marinas (Bacillariophyta) de la Bahía de Santa Lucía, Acapulco, México. *Gayana. Botánica*,

vol. 77, no. 1, ISSN 0717-6643. DOI 10.4067/S0717-66432020000100011.

DE OLIVEIRA, P. y KANNAN, M., 1993. The diatom flora (Bacillariophyceae) of the Cuyabeno Faunistic Reserve, Ecuadorian Amazonia. *Nova-Hedwigia*, vol. 54,

DÍAZ, C. y MAIDANA, N., 2005. Diatomeas de los Salares Atacama y Punta Negra, II Región – Chile [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321849625_Diatomeas_de_los_Salares_Atacama_y_Punta_Negra_II_Region_-_Chile.

ECS-EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2003. Water quality–Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers. [en línea], Disponible en: http://www.safrass.com/partners_area/BSI_Benthic_diatoms.pdf.

EHRENBERG, C.G., 1838. Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur. L. Voss. S.l.: s.n.

FRITZ, S.C., BENITO, X. y STEINITZ-KANNAN, M., 2019. Long-term and regional perspectives on recent change in lacustrine diatom communities in the tropical Andes. *Journal of Paleolimnology*, vol. 61, no. 2, ISSN 0921-2728. DOI 10.1007/s10933-018-0056-6.

GERECKE, R., FISHER-HARTIG, L. y KANNAN, M., 2010. Centrolimnesia boopis (Hydrachnellae: Limnesiidae), a New Planktonic Mite from Lake Limoncocha in the Amazonian Region of Ecuador. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, vol. December 1996, DOI 10.1076/snfe.31.3.193.13337.

HARDERSEN, S. y LA PORTA, G., 2023. Never underestimate biodiversity: how undersampling affects Bray–Curtis similarity estimates and a possible countermeasure. *The European Zoological Journal*, vol. 90, no. 2, ISSN 2475-0263. DOI 10.1080/24750263.2023.2249007.

KRAMMER, K., 1997. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 1. Allgeneines und Encyonema part. *Bibliotheca Diatomologica*. S.l.: s.n. vol. 36.

KRAMMER, K., 2002. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. *Cymbella*. S.l.: ARG Gantner Verlag KG.

KRAMMER, K. y LANGE-BARTALOT, H., 1986. Bacillariophyceae: 1. Naviculaceae. S.l.: s.n. ISBN 02323850.

KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H., 1989. *Achnanthes*: eine Monographie der Gattung; mit Definition der Gattung Cocconeis und Nachträgen zu den Naviculaceae. Berlin Stuttgart: Cramer in d. Borntraeger-Verl.-Buchh. *Bibliotheca diatomologica*, Bd. 18, ISBN 978-3-443-57009-5.

KRAMMER, K. y LANGE-BERTALOT, H., 1991. Sübwasserflora von Mitteleuropa 2/4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen Zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. New York: s.n. ISBN 3-437-30664-2.

LANGE-BARTALOT, H., 1993. 85 New Taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to subwasserflora von Mitteleuropa. S.l.: s.n. vol. 2/1-4. ISBN 3-443-57018-6.

LANGE-BERTALOT, H., 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. [en línea]. S.l.: s.n., [consulta: 7 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Pollution-tolerance-of-diatoms-as-a-criterion-for-LANGE-BERTALOT/ef3c5931b645a1756d4805c18ddfa678c0008e96>.

LANGE-BERTALOT, H. y KRAMMER, K., 1987. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, J. Krammer. . 1987.

LEBLANC, K., QUÉGUINER, B., DIAZ, F., CORNET, V., MICHEL-RODRIGUEZ, M., DURRIEU DE MADRON, X., BOWLER, C., MALVIYA, S., THYSSEN, M., GRÉGORI, G., REMBAUVILLE, M., GROSSO, O., POULAIN, J., DE VARGAS, C., PUJO-PAY, M. y CONAN, P., 2018. Nanoplanktonic diatoms are globally overlooked but play a role in spring blooms and carbon export. *Nature Communications*, vol. 9, no. 1, ISSN 2041-1723. DOI 10.1038/s41467-018-03376-9.

LOBO, E., HEINRICH, C., SCHUCH, M., DÜPONT, A., BEN DA COSTA, A., WETZEL, C. y ECTOR, L., 2016. Índice trófico de qualidade da água: guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros [en línea]. S.l.: Edunisc. ISBN 978-85-7578-431-0. Disponible en: <http://repositorio.unisc.br:8080/jspui/bitstream/11624/1767/1/%C3%8Dndice%20tr%C3%B3fico%20de%20qualidade%20da%20%C3%A1gua.pdf>.

LORA, M., LÓPEZ, F. y PÉREZ, R., 2020. Algas de cristal; diatomeas. *Recursos Naturales y Sociedad*. [en línea], vol. 6(1), Disponible en:

https://www.cibnor.gob.mx/revista-rns/pdfs/vol6num1/3_ALGAS_CRISTAL.pdf.

MCGOWAN, S., GUNN, H.V., WHITEFORD, E.J., JOHN ANDERSON, N., JONES, V.J., y ANTONIA C. LAW, 2018. Functional attributes of epilithic diatoms for palaeoenvironmental interpretations in South-West Greenland lakes. *Journal of Paleolimnology*, vol. 60, no. 2, ISSN 0921-2728, 1573-0417. DOI 10.1007/s10933-017-9968-9.

MERCADO-REYES, I. y ÁLVAREZ-MONTERO, X., 2022. Catálogo de Microalgas y Cianobacterias de las Reservas Buenaventura y Jorupe, Jocotoco, Ecuador. S.l.: s.n. ISBN 978-84-15413-51-6.

METZELTIN, D., 2007. Tropical Diatoms of South America II. Special remarks on biogeographic disjunction. *Iconogr. Diatomol.* S.l.: s.n.

METZELTIN, D. y LANGE-BERTALOT, H., 1998. Tropische Diatomeen in Südamerika I. *Iconographia Diatomologica*. S.l.: s.n. vol. 5.

METZELTIN, D., LANGE-BERTALOT, H. y GARCÍA-RODRIGUEZ, F., 2005. Diatoms of Uruguay, Compared with Other Taxa from South America and Elsewhere. *Iconographia Diatomologica*. Biblioteca León. S.l.: s.n. ISBN 3-906166-25-2.

MOLINERO, J., BARRADO, M., GUIJARRO, M., ORTIZ, M., CARNICER, O. y ZUAZAGOITIA, D., 2019. The Teaone River: a snapshot of a tropical river from the coastal region of Ecuador. *Limnetica*, vol. 38, DOI 10.23818/limn.38.34.

MOYÓN, J.P., 2016. Taxonomia e distribuição do gênero *Navicula* «sensu stricto» (Bacillariophyceae) em reservatórios da Bacia do Alto Tietê e de bacias vizinhas / Jennifer Paola Moyón Dávila. - Rio Claro, 2016 128 f. : il., figs., tabs., mapas. ,

NCPOR, 2023. NATIONAL CENTRE FOR POLAR AND OCEAN RESEARCH. Paleoclimate DIATOMS [en línea]. [consulta: 29 marzo 2024]. Disponible en: <https://ncpor.res.in/pages/view/277/284-paleoclimate-diatoms>.

PALIZ, C., PERUGACHI, N., MARTÍNEZ, J., MORENO, M., YAUCÁN, C. y PALAGUACHI, R., 2021. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo [en línea], vol. 12, no. 2, [consulta: 2 abril 2024]. ISSN 2602-8484. DOI 10.29166/revfig. v12i2.3515. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/3515>.

PDOT, 2019. ACTUALIZACION DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL EL ENO. [en línea], Disponible en: <https://eleno.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/PDOT-EL-ENO-2019-2023-1.pdf>.

PERÉZ, M., TORRES, C. y LARA-BORRERO, J.L., 2024. Estimación, Manejo y Control de la Contaminación No Puntual por Escorrentía Superficial Ganadera: Una Revisión de literatura. *Revista Politécnica* [en línea], vol. 53, no. 1, [consulta: 6 marzo 2024]. ISSN 2477-8990. DOI 10.33333/rp.vol53n1.10. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/1660.

REICHARDT, E., 1984. Die Diatomeen der Altmühl. *Bibliotheca Diatomologica*. 6. S.l.: s.n.

REICHARDT, E., 1999. Zur Revision der Gattung *Gomphonema* Die Arten um *G. affine*/insigne, *G. angustatum*/micropus, *G. acuminatum* sowie gomphonemoide Diatomeen aus dem Oberiligozan in Bohmen. S.l.: s.n.

RUMRICH, U., LANGE-BERTALOT, H. y RUMRICH, M., 2000. Diatoms of the Andes (from Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego), *Iconographia Diatomologica*. Koeltz Scientific Books. Alemania: s.n. vol. 9.

SERÔDIO, J. y LAVAUD, J., 2020. Diatoms and Their Ecological Importance. *Life Below Water, Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals* [en línea]. S.l.: s.n., pp. 1-9. [consulta: 29 marzo 2024]. Disponible en: <https://hal.science/hal-03113866>.

SHARMA, S., NAUTIYAL, R. y NAUTIYAL, P., 2022. PERIPHYTIC DIATOM FLORA OF THE NATURAL AND IMPOUNDED SECTIONS OF THE TONS R. (UTTARAKHAND). . S.l.: s.n., pp. 1-21. ISBN 978-81-7019-682-2.

SOININEN, J. y TEITTINEN, A., 2019. Fifteen important questions in the spatial ecology of diatoms. *Freshwater Biology*, vol. 64, no. 11, ISSN 1365-2427. DOI 10.1111/fwb.13384.

SURESH, A., SAGAYA, J.P., GOPINATH, P.M., THAJUDDIN, N. y NAGARAJ, S., 2023. Diversity and ecology of freshwater diatoms as pollution indicators from the freshwater Ponds of Kanyakumari district, Tamilnadu. *Energy Nexus* [en línea], vol. 9, ISSN 27724271. DOI

10.1016/j.nexus.2022.100164. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277242712200119X>.

SYERS, A., 2017. WATERSHEDS AND NONPOINT SOURCE POLLUTION [en línea]. 2017. S.l.: Groundswell. Disponible en: https://www.gvsu.edu/cms4/asset/7629BB08-CDA5-EDA9-B36CECEF76D8D026/nps_lesson_two_-_without_appendices.pdf.

THACKER, M. y KARTHICK, B., 2022. Response of Diatoms to the Changing Water Quality in the Myristica Swamps of the Western Ghats, India. Diversity [en línea], vol. 14, no. 3, [consulta: 1 marzo 2024]. ISSN 1424-2818. DOI 10.3390/d14030202. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-2818/14/3/202>.

VARELA, A. y RON, S., 2022. Geografía y clima. PUCE [en línea]. [consulta: 6 febrero 2024]. Disponible en: <https://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/>.

VERA, J., 2020. “Descripción del uso de diatomeas como correctores de suelos ácidos”. . S.l.:

WANG, Y., LIU, S., WANG, J., YAO, Y., CHEN, Y., XU, Q., ZHAO, Z. y CHEN, N., 2022. Diatom Biodiversity and Speciation Revealed by Comparative Analysis of Mitochondrial Genomes. Frontiers in Plant Science [en línea], vol. 13, [consulta: 29 marzo 2024]. ISSN 1664-462X. DOI 10.3389/fpls.2022.749982. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.749982/full>.

WERUM, M., LANGE-BERTALOT, H. y REICHARDT, E., 2004. Diatoms in Springs from Central Europe and elsewhere under the influence of hydrogeology and antropogenic imapct. Iconographia Diatomologica. S.l.: s.n. vol. 13.

YAGUANA, R. y CARTUCHE, V., 2022. Variación de diatomeas (Bacillariophyta) en un gradiente del estado de conservación de ribera del río Malacatos, Loja- Ecuador. CEDAMAZ [en línea], vol. 12, no. 2, ISSN 1390-5880. DOI 10.54753/cedamaz.v12i2.1626. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/1626/1086>.