

Artículo original

Diatomeas del registro sedimentario del sistema lagunar Yahuarcaca, Amazonas, Colombia

Diatoms from the sedimentary record of the Yahuarcaca lagoon system, Amazonas, Colombia

🌱 Liliana Palma-Silva^{1,*}, 🌱 Carlos A. Rivera-Rondón¹, 🌱 Santiago R. Duque², 🌱 Laura Pérez³,
🌱 Felipe García-Rodríguez^{3,4}

¹Laboratorio de Limnología, Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

²Laboratorio de Manejo y Gestión de Humedales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia, Leticia, Colombia

³Departamento de Geociencias, Centro Universitario Regional del Este (CURE), Universidad de La República, Rocha, Uruguay

⁴Instituto de Oceanografía – Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, Brasil

Resumen

Los estudios sobre diatomeas en la Amazonia son relativamente escasos, a pesar del interés por la gran diversidad de esta región. El análisis taxonómico de diatomeas amazónicas amplía la comprensión de la diversidad de los ecosistemas acuáticos y constituye una referencia para el desarrollo de estudios paleoecológicos. En este trabajo nos propusimos caracterizar la composición de diatomeas del registro sedimentario del sistema lagunar Yahuarcaca. Este lago es de especial interés para las comunidades locales, pues tiene diferentes grados de conexión con el río Amazonas. Analizamos dos núcleos de sedimentos en Lago Largo (YAH-1) y Boa Anaconda (YAH-4) y se obtuvieron 241 muestras en las que se analizó la composición de diatomeas. Los resultados indicaron que los dos núcleos tenían una composición taxonómica similar. Se identificaron 167 morfotipos de diatomeas distribuidos en tres clases, 12 órdenes, 26 familias y 41 géneros. Las diatomeas más diversas fueron las birrafídeas simétricas, cuyo género más dominante fue *Pinnularia*. La especie de mayor abundancia en ambos núcleos fue *Aulacoseira veralucidae* Tremarin, Ludwig y Torgan, del grupo morfológico céntrico. Nuestro estudio amplía el inventario y el conocimiento sobre las diatomeas en ambientes acuáticos de la región amazónica colombiana y presenta una iconografía que podrá usarse en trabajos futuros sobre la ecología de las especies amazónicas, así como en reconstrucciones paleoambientales en la región.

Palabras clave: Cuenca amazónica; Lagos de inundación; Diatomeas; Sedimentología

Abstract

Studies on diatoms in the Amazon are relatively scarce despite the interest in the great diversity of this region. The taxonomic analysis of Amazonian diatoms improves our understanding of the diversity of aquatic ecosystems and serves as a reference for paleoecological studies. Here, we aimed to characterize the diatom composition of the sedimentary record of the Yahuarcaca lagoon system. This lake is of special interest to local communities, given its different degrees of connection with the Amazon River. We studied two sediment cores in Lago Largo (YAH-1) and Boa Anaconda (YAH-4) and divided them by centimeters to obtain 120 and 121 samples, respectively. We analyzed the diatom composition and counted the diatoms in each core. Our results indicated that both cores had a similar taxonomic composition with 167 diatom morphotypes distributed in three classes, 12 orders, 26 families, and 41 taxonomic genera. The most diverse diatoms were the symmetrical birrhapheans, *Pinnularia* being the richest genus. As for the relative abundance, the most representative species in both cores was *Aulacoseira veralucidae* Tremarin, Ludwig y

Citación: Palma-Silva L, *et al.*
Diatomeas del registro sedimentario del sistema lagunar Yahuarcaca, Amazonas, Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 49(190):70-89, enero-marzo de 2025. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefn.3106>

Editor: Elizabeth Castañeda

***Correspondencia:**

Liliana Palma;
lilianapalmas@javeriana.edu.co

Recibido: 7 de noviembre de 2024

Aceptado: 13 de febrero de 2025

Publicado en línea: 28 de febrero de 2025



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Torgan from the centric functional group. Our study expands the inventory and knowledge about diatoms in aquatic environments in the Colombian Amazon region; it also presents an iconography that can be used in future works on the ecology of Amazonian species and paleoenvironmental reconstructions in the area.

Keywords: Amazon basin; Floodplain lakes; Diatoms; Sedimentology.

Introducción

La región amazónica colombiana es gran interés por la diversidad biológica que alberga. Sin embargo, los estudios sobre las diatomeas son escasos en la región (Sala *et al.*, 1999; Sala *et al.*, 2002 a,b; Vouilloud *et al.*, 2013, Troudet *et al.*, 2017). En estudios previos de la ficoflora en sistemas acuáticos de la Amazonia colombiana se analizan principalmente la taxonomía y la distribución de las especies (Duque y Núñez, 2000), lo que permite apreciar la gran biodiversidad de algas de los grupos de euglenoides (Conforti y Nudelman, 1994; Duque, 1995a), desmidias (Duque y Donato, 1993, 1994, 1995, 1996 a,b; Duque y Núñez-Avellaneda, 1997; Núñez-Avellaneda y Duque, 2000), clorococales (Núñez-Avellaneda y Duque, 1997; Echenique *et al.*, 2004, 2013), y crisófitos (Vigna y Duque, 1999; Vigna *et al.*, 2005).

En cuanto a las diatomeas, hay pocos estudios de revisión de algunos de los géneros de las centrales y las pennales (Sala *et al.*, 1999, 2002 a,b, 2008 a, 2015, 2021; Vouilloud *et al.*, 2010, 2013; Simonato *et al.*, 2020). En estudios en diferentes ecorregiones del país se ha visto que más de la mitad de los taxones de diatomeas no puede asignarse a las especies descritas y hay poca similitud florística entre las diferentes regiones geográficas (Sala *et al.*, 2008b; Montoya-Moreno y Aguirre, 2013; Simonato *et al.*, 2020). En la región de la Amazonia, Brasil cuenta con muchos más estudios que los otros países de la cuenca (Díaz-Castro *et al.*, 2003; Ferrari *et al.*, 2007; Melo *et al.*, 2010; Wetzel *et al.*, 2010, 2011, 2013, 2014; Pereira *et al.*, 2013, 2014, 2015; Canani *et al.*, 2018; Silva-Azevedo *et al.*, 2018).

Las diatomeas se utilizan ampliamente como indicadores de las condiciones ambientales pasadas, ya que sus frústulas de sílice se conservan bien en los sedimentos, lo que permite la reconstrucción paleoecológica de los ecosistemas (Moreira *et al.*, 2013; Thacker y Karthick, 2023). Además, responden rápidamente a los cambios ambientales, por lo que son valiosas para comprender los cambios en el clima y la calidad del agua a lo largo del tiempo (Vélez *et al.*, 2006; Fritz *et al.*, 2019).

Las investigaciones sobre diatomeas en los ecosistemas acuáticos de la Amazonia demuestran su potencial como indicadores de las condiciones históricas de los cursos y cuerpos de agua y de la diversidad ecológica, lo cual es esencial para una planificación eficaz de la restauración (Almeida *et al.*, 2020). Al analizar los conjuntos de diatomeas, se pueden deducir las condiciones de los lagos en el pasado, lo que ayuda a determinar estados de referencia para estudios de restauración (Zhang *et al.*, 2020), cambios en el estado trófico (Makri *et al.*, 2019), la acidificación (Taucher *et al.*, 2022) y la influencia hidráulica (Li *et al.*, 2024), entre otras. Si bien los estudios sobre las diatomeas proporcionan información importante, sigue siendo difícil comprender plenamente sus funciones y respuestas ecológicas en entornos complejos como el Amazonas, por lo que es necesario seguir investigando para mejorar las estrategias de restauración. En este sentido, nuestro trabajo analiza la composición y la diversidad de las diatomeas en núcleos de sedimento del lago Yahuaraca de la Amazonia colombiana.

Materiales y métodos

Área de estudio

El sistema lagunar Yahuaraca (4°11.790' S y 69°57,840' W) está compuesto por lagos de várzea influenciados por el río Amazonas, con aguas blancas de tipo I y, en la quebrada Yahuaraca, con aguas negras de tipo I, por lo que según el momento del año puede presentar diferentes tipos de agua (Duque *et al.*, 1997). Por su cercanía, algunos lagos del

sistema tienen semejanzas con la quebrada en diferentes períodos. En aguas en ascenso y altas, el río afecta todo el sistema, en tanto que en aguas bajas, los lagos se desconectan del río Amazonas (**Salcedo-Hernández *et al.*, 2012**).

De acuerdo a los tipos de conexión definidos por **Drago (2007)**, el sistema lagunar presenta dos tipos de conexión con el río Amazonas: 1) una conexión directa permanente y de doble flujo a través del canal de la Milagrosa que conecta con el lago IV (Pozo Hondo), en donde el río Amazonas entra al sistema entre noviembre y abril y drena al río entre junio y agosto; también hay una conexión directa permanente con la quebrada Yahuaraca, especialmente en aguas bajas, y 2) una conexión de desborde cuando las aguas del río Amazonas sobrepasan la barrera que separa a los lagos entre los meses de abril y junio (**Figura 1**).

Recolección, preparación e identificación del material

El material se recolectó en núcleos de sedimento ubicados en dos estaciones en el sistema lagunar Yahuaraca, el lago I (Largo) y el lago IV (Pozo Hondo 1), utilizando un nucleador de pistones (*piston corer*). Se seccionaron los núcleos por centímetros hasta obtener 120 y 121 muestras, respectivamente.

Las muestras se procesaron mediante un proceso oxidativo utilizando 20 a 50 mg de sedimento. Para la eliminación de la materia orgánica se hizo una digestión con H_2O_2 al 33 %. A las muestras se les adicionó una gota de HCl 1N para eliminar los carbonatos y mantener la digestión en condiciones ácidas. La oxidación se llevó a cabo en baño maría a 70-75 °C. Después de la digestión, los productos químicos disueltos residuales se eliminaron mediante lavados sucesivos con agua destilada hasta alcanzar un pH de 6. A cada una de las muestras se le añadió un volumen conocido de solución de microesferas de poliestireno de 5 μm de diámetro (Sigma-Aldrich®) para calcular así la densidad de las valvas. Posteriormente, las muestras se sometieron a un baño de ultrasonido durante cinco minutos para dispersar las diatomeas y hacer preparados permanentes con medio Naphrax® (índice de refracción 1,7). La identificación y conteo se hizo con un microscopio Zeiss Axio Imager A2 con 1000x y contraste interferencial. Se contaron hasta 400 valvas por preparado; sin embargo, algunas muestras presentaron concentraciones bajas de diatomeas, por lo que fue necesario revisar hasta tres láminas para contar por lo menos

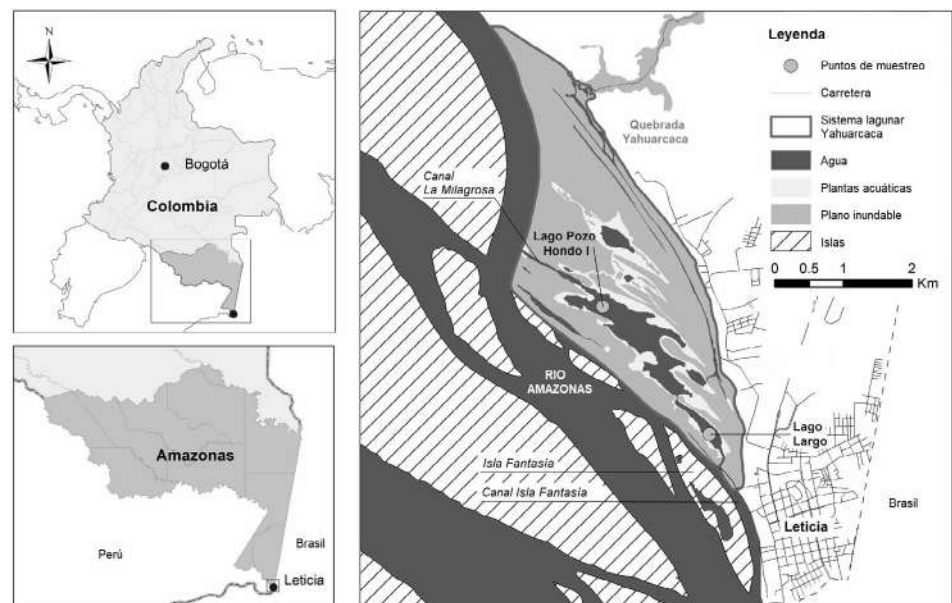


Figura 1. Sitios de extracción de los núcleos en el sistema lagunar Yahuaraca: lago Largo (YAH-1) 4°11,790'' S 69°57,345'' W y Pozo Hondo 1 (YAH-4) 4°11,247'' S 69°57,650'' W

100 valvas. Se contaron en promedio 130 y 135 valvas en el lago Yahuaraca 1 (YAH1) y lago Yahuaraca 4 (YAH4) respectivamente. Puesto que el estudio se basó en el registro sedimentario de los lagos, no se tomaron datos *in situ* de la física y la química del agua del sistema lagunar en el momento de la toma de los núcleos.

En la identificación taxonómica se usaron claves taxonómicas de **Metzeltin y Lange-Bertalot** (1998, 2007), **Simonsen** (1979), **Krammer** (2000), **Rumrich et al.** (2000), **Tremarin et al.** (2012, 2013), **Hofmann et al.** (2013), **Rivera-Rondón y Catalán** (2017), **Kulikovskiy et al.** (2020), **Spaulding et al.** (2022) y **Guiry y Guiry** (2024), entre otras. La asignación taxonómica de “sp” se le dio a diatomeas cuyas valvas no lograron identificarse a nivel de especie, pero sí a nivel de género. Se utilizó “aff.” para morfotipos afines a otras especies, pero que no correspondían a la identidad de las ya descritas. Por último, se usó “cf.” para morfotipos similares a una especie conocida, pero sin confirmación total por la imposibilidad de ver todos sus caracteres (**Bengtson**, 1988; **Stearn**, 1992).

Resultados

Composición de diatomeas

En el sistema lagunar Yahuaraca se encontraron 167 morfoespecies de diatomeas: 157 en YAH-1 y 145 en YAH-4, distribuidas en tres clases, 12 órdenes, 26 familias y 41 géneros (**Tabla S1**, <https://www.raccefy.n.co/index.php/raccefy.n/article/view/3106/4512>) (**Figuras 2-8**). Los morfotipos se agruparon en nueve grupos funcionales según su morfología. En YAH-1 se encontrando que las diatomeas más representativas fueron las birrafideas simétricas, con el 46,5 %, siendo *Pinnularia* el género más dominante (28 taxones), seguido de las birrafideas asimétricas y las Eunotioides, con el 15,1 %, respectivamente, cuyo género más representativo en el primer caso fue *Gomphonema* (16 taxones) y en el segundo *Eunotia* (23 géneros). En YAH-4, las diatomeas birrafideas simétricas fueron las más dominantes, con el 47,6 %, seguidas de las birrafideas asimétricas, con el 14,9 % y las del morfotipo Eunotioide, con el 14,3 % (**Figura 9 a,b**).

En los 167 morfotipos encontrados en los dos núcleos de sedimentos, se identificaron 106 especies. En cuanto a la frecuencia de los morfotipos, en YAH-1 únicamente 12 morfotipos se hallaron más comúnmente. *Aulacoseira veralucidae* Tremarin, Ludwig y Torgan estuvo presente en todas las muestras del núcleo y *Diademsis confervaceae* Kützing en 117 de 120 muestras, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère en 114 muestras, *Pinnularia* sp. en 105 muestras, *Encyonema aff. silesiacum* (Bleisch) D.G.Mann en 94 muestras, *Aulacoseira herzogii* (Lemmermann) Simonsen en 91 muestras, *Gomphonema* sp. en 90 muestras, y *Aulacoseira brasiliensis* Tremarin, Ludwig y Torgan en 84 muestras, entre otras.

En el caso de YAH-4 se analizaron 121 muestras, siendo *A. veralucidae* de nuevo la especie más frecuente (118 muestras a lo largo del núcleo), seguida de *D. confervaceae* (113 muestras), *Pinnularia* sp. (102 muestras), *E. aff. silesiacum* (80 muestras), y *A. herzogii*, (97 muestras), entre otras (**Figura 10 a,b**). Cabe mencionar que la determinación únicamente hasta el nivel “sp”, como en el caso de morfotipos del género *Pinnularia*, se debió a que los morfotipos estaban muy fragmentados y aunque se logró reconocer su género, no fue posible clasificarlas a nivel de especie.

Abundancia de diatomeas

En YAH-1 el género más frecuente de mayor abundancia fue *Aulacoseira*, con 48,5 %, seguido de *Diademsis*, con 12,0 % y *Pinnularia*, con 11,8 %. El 5,8 % de la abundancia relativa correspondió a la sumatoria de 28 géneros de diatomeas. En YAH-4 los mayores valores se registraron en los géneros *Aulacoseira*, con el 62,7 %, *Pinnularia*, con el 12,8 % y *Diademsis*, con el 5,5 %. El 8,3 % de la abundancia correspondió a la suma de 35 géneros presentes en el núcleo (**Figura 9c**).

Entre las morfoespecies más abundantes en los dos núcleos estuvo *A. veraluciae*, la más abundante con un 35,6 % de la abundancia total relativa en YAH-1 y con 34,3 % en YAH-4. Otra morfoespecie de importancia fue *D. confervaceae*, aunque su abundancia fue menor, con 12,0 % en YAH-1 y 5,5 % en YAH-4 (**Figura 10c**).

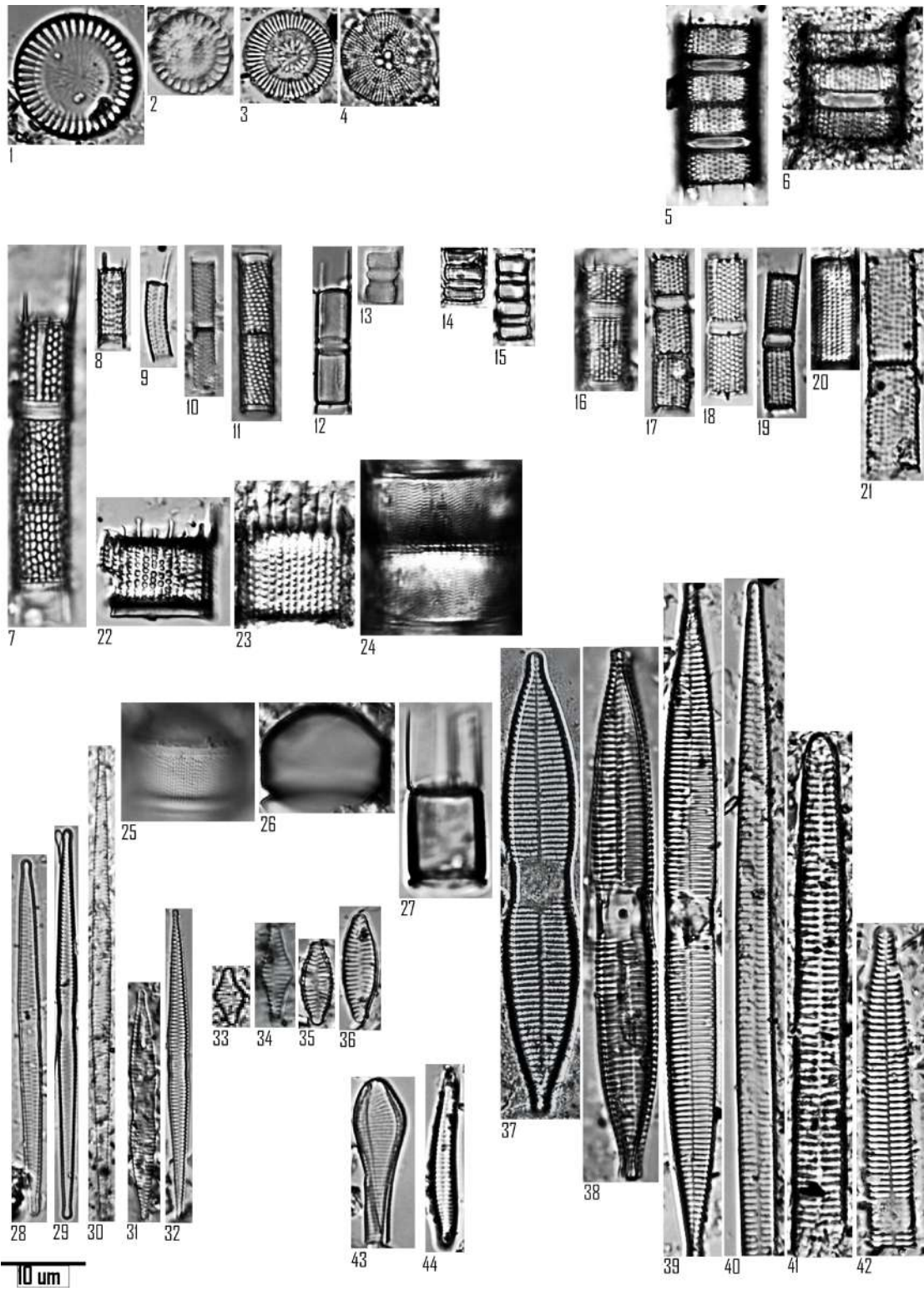


Figura 2. Especies encontradas en el lago Yahuaraca: 1-2 *Cyclotella meneghiniana*, 3 *Discostella stelligera*, 4 *Orthoseira roseana*, 5-6 *Aulacoseira brasiliensis*, 7 *Aulacoseira granulata*, 8-11 *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, 12-13 *Aulacoseira herzogii*, 14-15 *Aulacoseira tenella*, 16-21 *Aulacoseira veraluciae*, 22-23 *Aulacoseira* sp₁, 24-26 *Aulacoseira* sp₂, 27 *Melosira varians*, 28-30 *Fragilaria* cf. *fusa*, 31 *Fragilaria* sp₁, 32 *Fragilaria* sp₂, 33-34 *Staurosira* sp₁, 35-36 *Staurosira* sp₂, 37-39 *Ulnaria goulardi*, 40-42 *Ulnaria ulna*, 43 *Actinella* cf. *brasiliensis*, 44 *Actinella* sp.

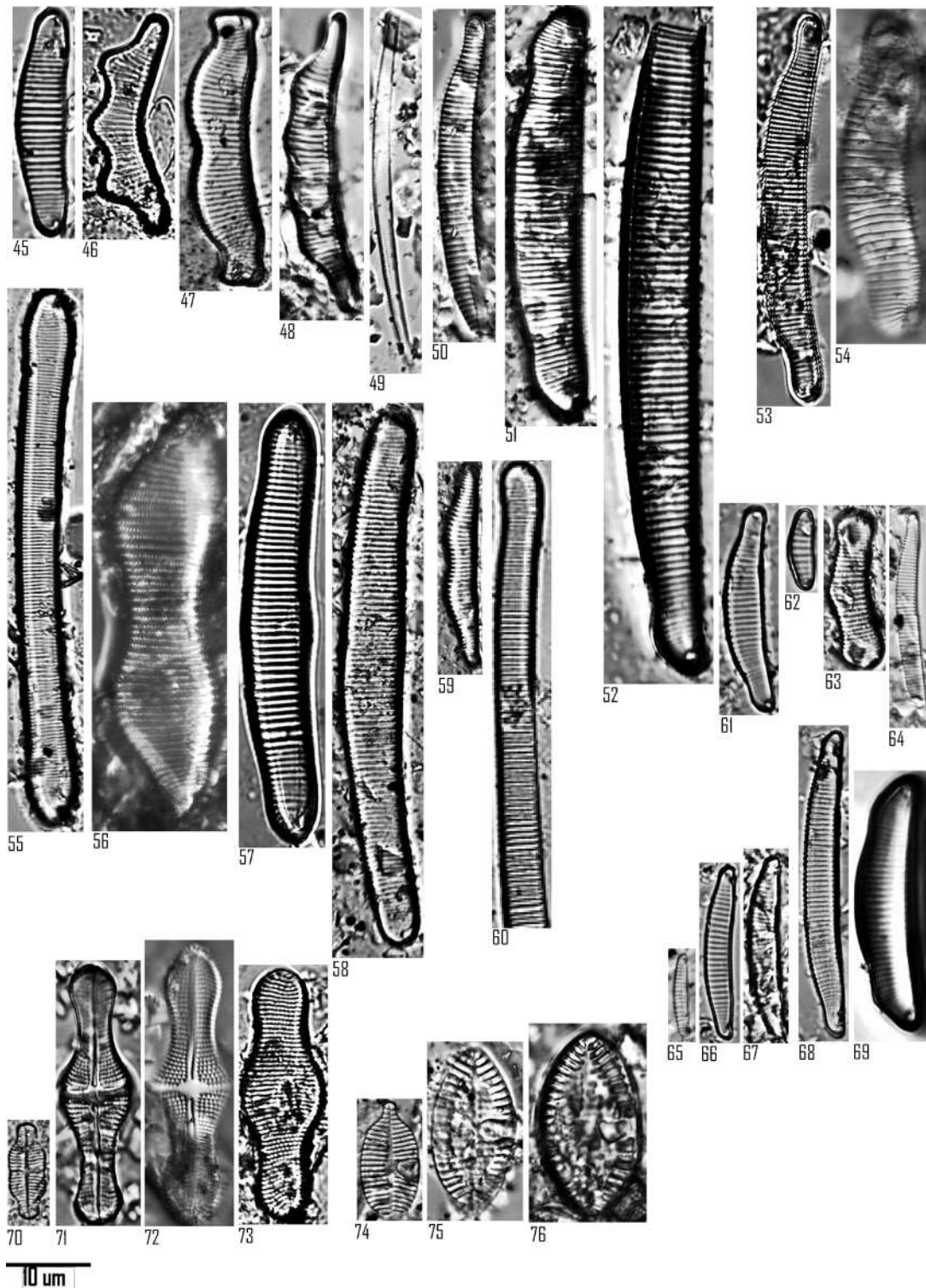


Figura 3. Especies encontradas en el lago Yahuaraca: 45 *Eunotia* aff. *formica*, 46 *Eunotia* aff. *trigibba*, 47 *Eunotia* *bidens*, 48 *Eunotia* *camelus*, 49 *Eunotia* cf. *bilunaris*, 50 *Eunotia* cf. *denticulata*, 51 *Eunotia* *indica*, 52 *Eunotia* cf. *indica*, 53 *Eunotia* cf. *inspectabilis*, 54 *Eunotia* cf. *praerupta*, 55 *Eunotia* cf. *rabenhorstiana*, 56 *Eunotia* *didyma*, 57-58 *Eunotia* *formica*, 59 *Eunotia* *implicata*, 60 *Eunotia* *karenae*, 61 *Eunotia* *minor*, 62 *Eunotia* *parasiolii*, 63 *Eunotia* *rabenhorstii*, 64 *Eunotia* sp., 65 *Eunotia* sp., 66 *Eunotia* sp., 67 *Eunotia* sp., 68 *Eunotia* sp., 69 *Eunotia* sp., 70 *Gogorevia* *exigua*, 71-72 *Achnanthes* *inflata*, 73 *Achnanthes* sp., 74 *Planothidium* cf. *boudoui*, 75-76 *Planothidium* *salvadorianum*

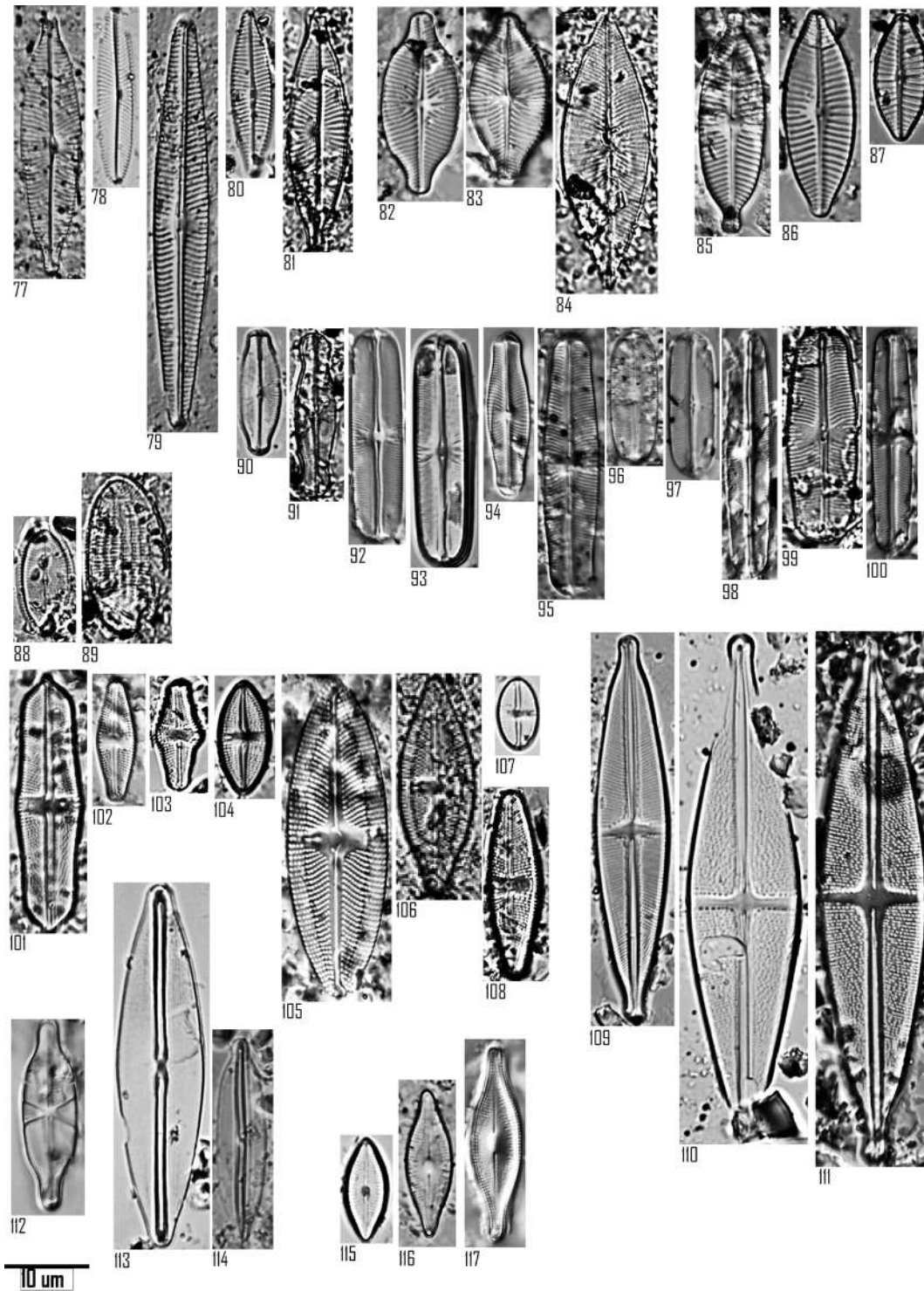


Figura 4. Especies encontradas en el lago Yahuaraca: 77 *Navicula amphiceropsis*, 78 *Navicula* cf. *symmetrica*, 79 *Navicula lohmannii*, 80 *Navicula* sp₁, 81 *Navicula* sp₂, 82-83 *Placoneis* cf. *santaremensis*, 84 *Placoneis jatobensis*, 85 *Geissleria decussis*, 86-87 *Geissleria neotropica*, 88-89 *Cocconeis placentula*, 90 *Sellaphora* aff. *pupula*, 91 *Sellaphora* cf. *guayanensis*, 92-93 *Sellaphora* cf. *rectangularis*, 94 *Sellaphora disjuncta*, 95 *Sellaphora pseudopupula*, 96-97 *Sellaphora* sp₁, 98 *Sellaphora* sp₂, 99 *Sellaphora* sp₃, 100 *Sellaphora* sp₄, 101 *Luticola argutula*, 102-103 *Luticola* cf. *hustedtii*, 104 *Luticola* cf. *permuticoides*, 105 *Luticola frenguelli*, 106 *Luticola* sp₁, 107 *Luticola* sp₂, 108 *Luticola* sp₃, 109 *Stauroneis anceps*, 110-111 *Stauroneis gracilior*, 112 *Capartogramma crucicola*, 113 *Frustulia* cf. *crassinervia*, 114 *Frustulia* cf. *zizkae*, 115-117 *Diadesmis confervaceae*

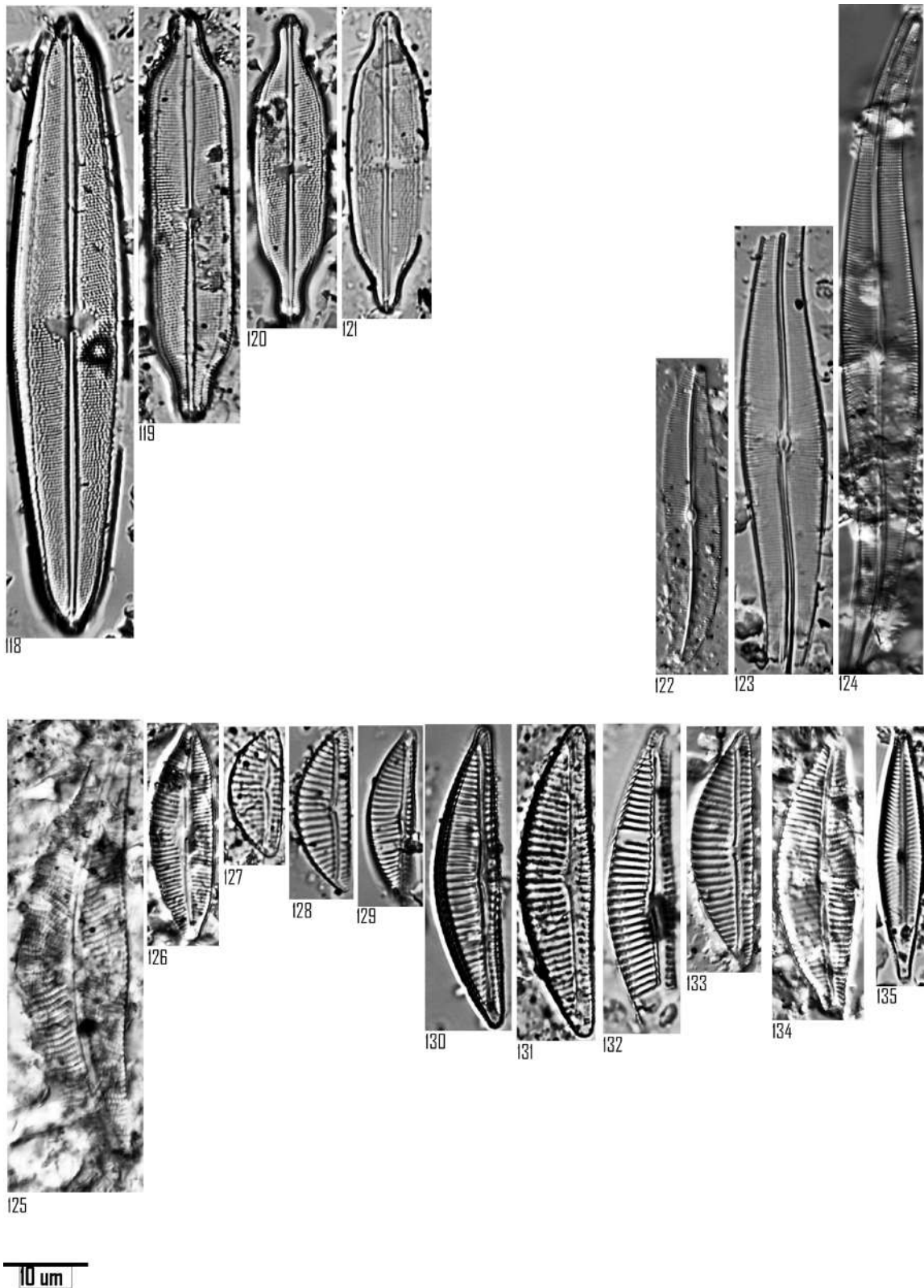


Figura 5. Especies encontradas en el lago Yahuaraca: 118 *Neidium* cf. *iridis*, 119 *Neidium* cf. *siveri*, 120 *Neidium* cf. *subamphigomphus*, 121 *Neidium* sp, 122 *Gyrosigma* sp₁, 123-124 *Gyrosigma* sp₂, 125 *Cymbella* cf. *Cymbiformis*, 126 *Cymbopleura* cf. *acuta*, 127-229 *Encyonema* aff. *silesiacum*, 130-133 *Encyonema* *amazonianum*, 134 *Encyonema* sp, 135 *Encyonopsis* sp.

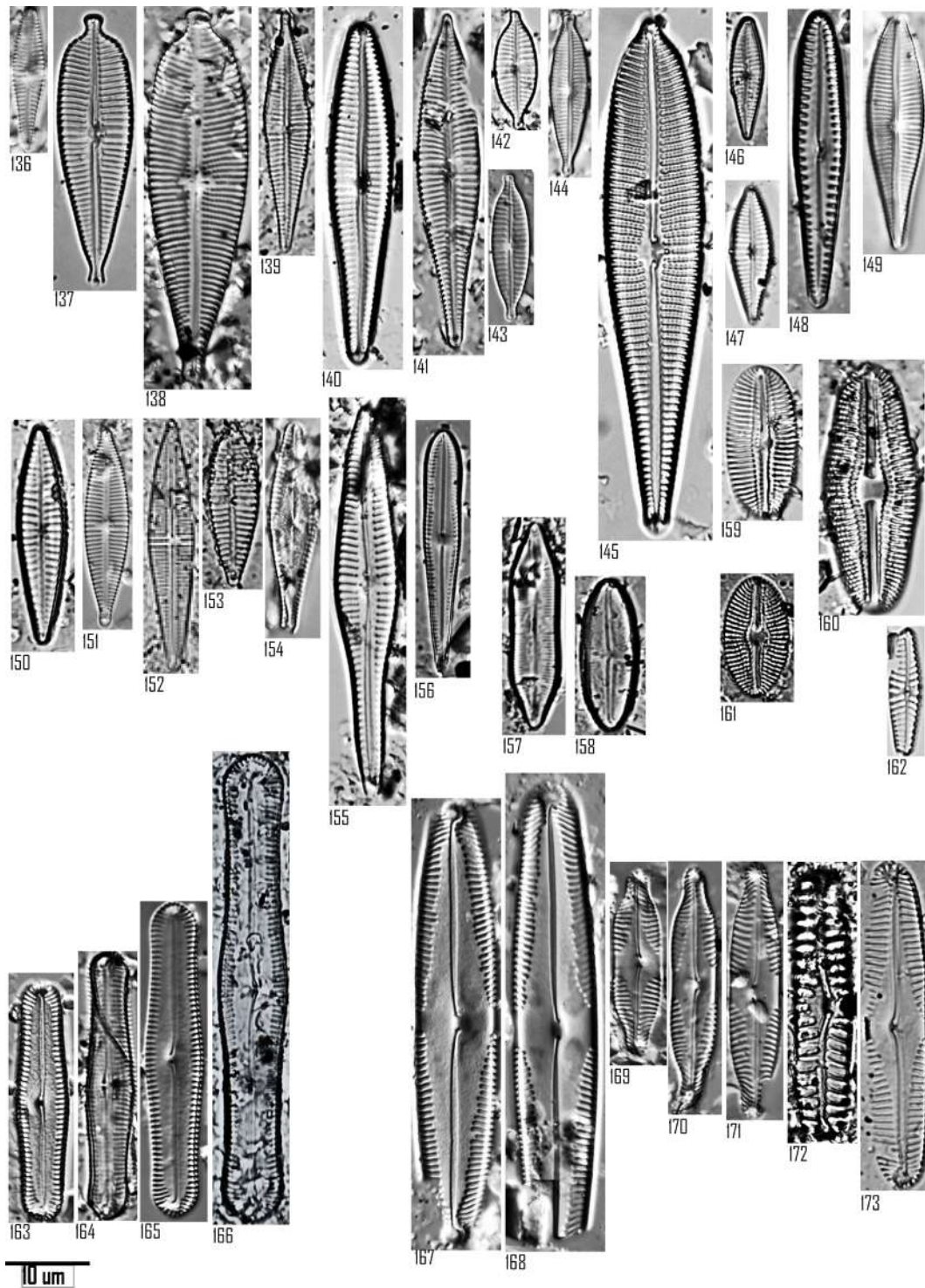


Figura 6. Especies encontradas en el lago Yahuaraca: 136 *Gomphonema* aff. *exilissimum*, 137-138 *Gomphonema augur*, 139. *Gomphonema* cf. *aequirostrum*, 140. *Gomphonema* cf. *alfinitoanum*, 141. *Gomphonema graciloides*, 142-144 *Gomphonema lagenula*, 145 *Gomphonema neonasutum*, 146-147 *Gomphonema parvulum*, 148 *Gomphonema* sp₁, 149 *Gomphonema* sp₂, 150 *Gomphonema* sp₃, 151 *Gomphonema* sp₄, 152 *Gomphonema* sp₅, 153 *Gomphonema* sp₆, 154 *Gomphonema* sp₇, 155 *Gomphonema vibrioides*, 156 *Gomphosphenia* cf. *lingulatiformis*, 157 *Caloneis* cf. *inflata*, 158 *Caloneis* sp, 159 *Diploneis* cf. *subovalis*, 160 *Diploneis* sp₁, 161 *Diploneis* sp₂, 162 *Hippodonta hungarica*, 163-166 *Pinnularia acrosphaeria*, 167-168 *Pinnularia* aff. *angustistriata*, 169-171 *Pinnularia* aff. *microstauron*, 172 *Pinnularia borealis*, 173 *Pinnularia brebissonii* var. *minuta*.

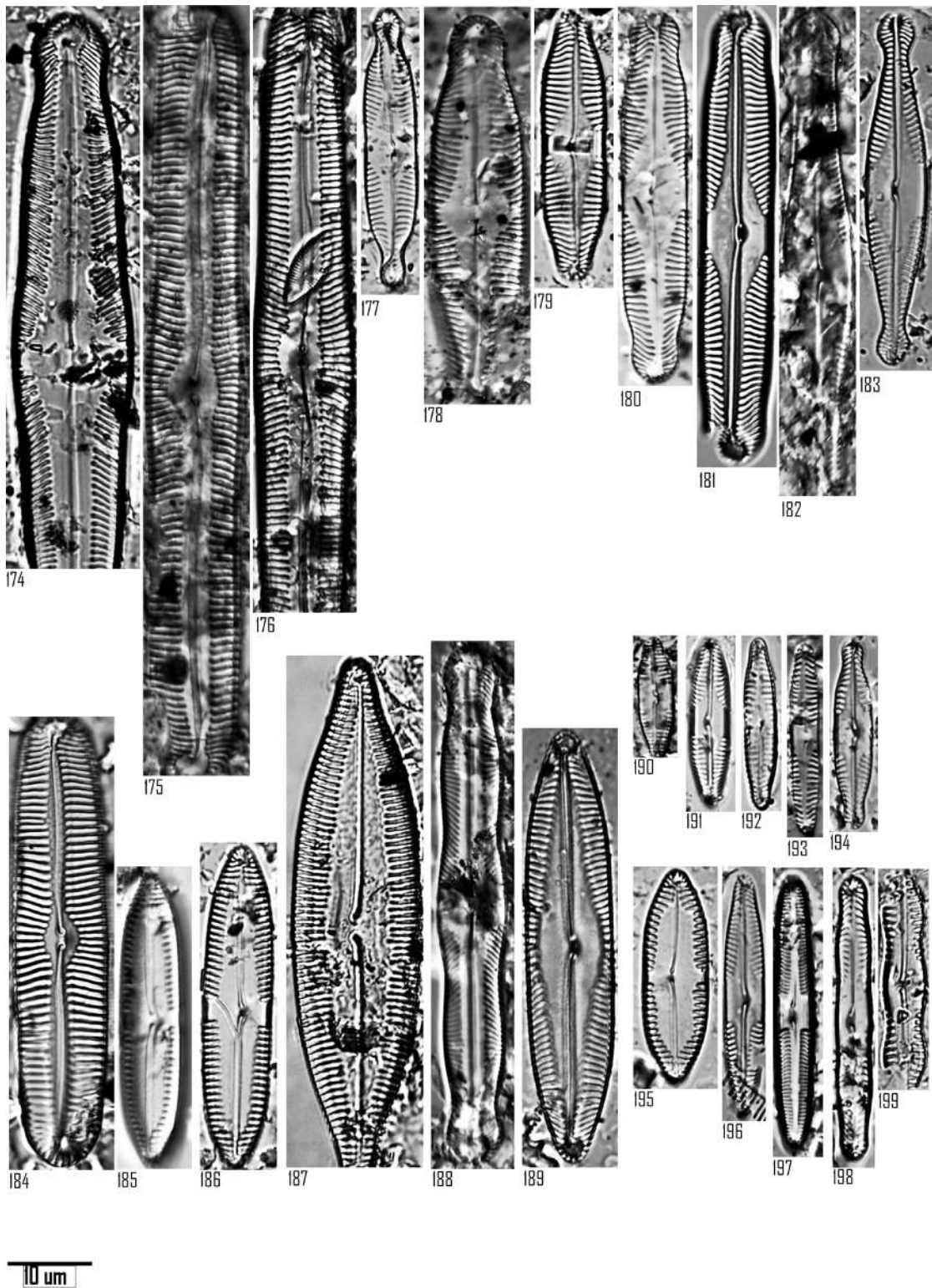


Figura 7. Especies encontradas en el lago Yahuaraca: 174 *Pinnularia* cf. *divergens* var. *mesoleptiformis*, 175-176 *Pinnularia* cf. *latevittata*, 177 *Pinnularia* cf. *Mesolepta*, 178 *Pinnularia* cf. *microstauron*, 179 *Pinnularia* *microstauron* var. *brasiliensis*, 180-181 *Pinnularia* cf. *rhombofasciata*, 182 *Pinnularia* *rostratissima*, 183 *Pinnularia* cf. *rostratissima*, 184 *Pinnularia* cf. *subflamma*, 185-186 *Pinnularia* *instabiliformis*, 187 *Pinnularia* *instabilis*, 188 *Pinnularia* *subumbrosa*, 189 *Pinnularia* *variarea*, 190-191 *Pinnularia* sp₁, 192 *Pinnularia* sp₂, 193 *Pinnularia* sp₃, 194 *Pinnularia* sp₄, 195 *Pinnularia* sp₅, 196 *Pinnularia* sp₆, 197 *Pinnularia* sp₇, 198 *Pinnularia* sp₈, 199 *Pinnularia* sp₉.

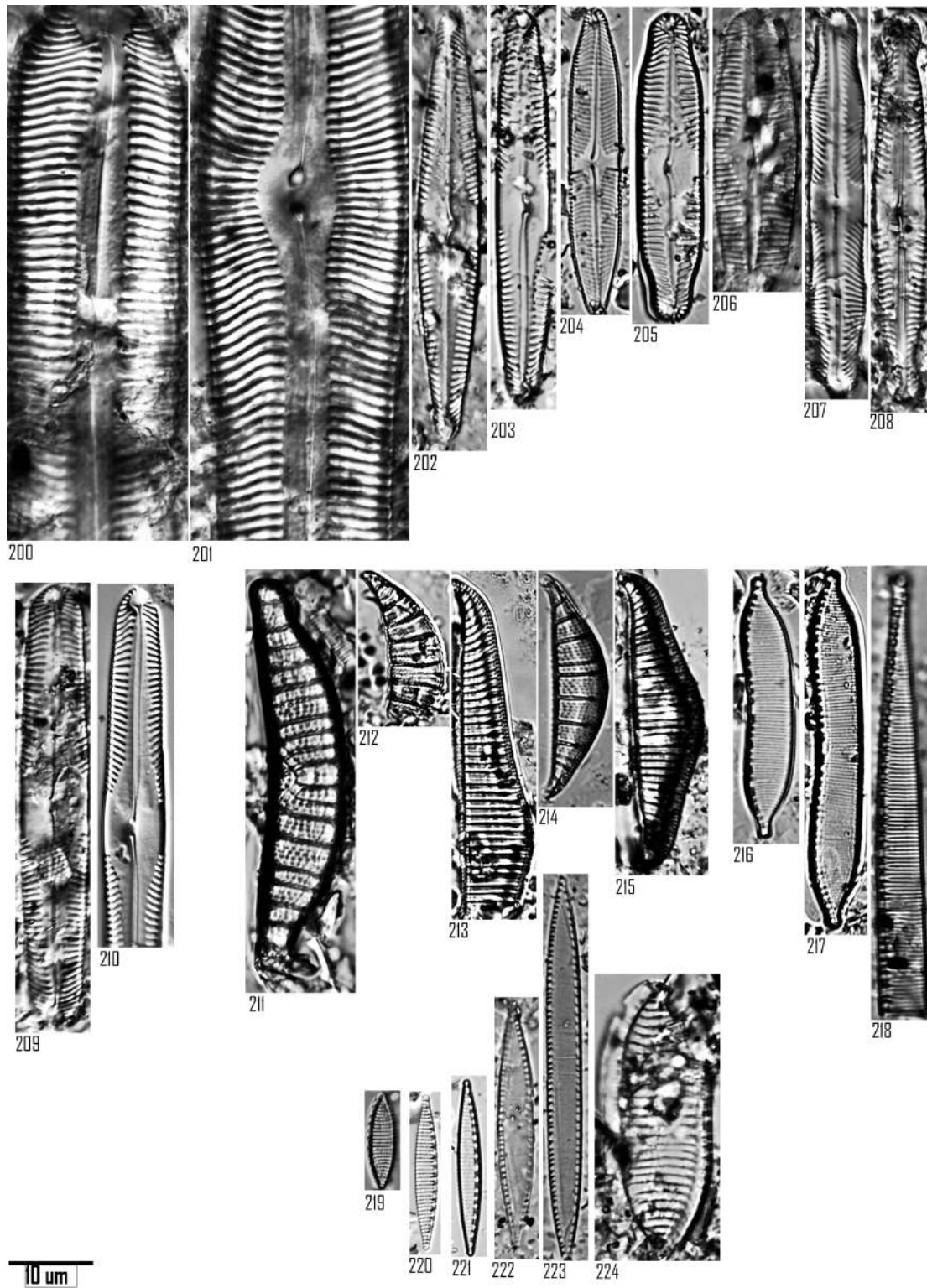


Figura 8. Especies encontradas en el lago Yahuaraca: 200-201 *Pinnularia* sp₁₀, 202 *Pinnularia* sp₁₁, 203 *Pinnularia* sp₁₂, 204 *Pinnularia* sp₁₃, 205 *Pinnularia* sp₁₄, 206 *Pinnularia* sp₁₅, 207 *Pinnularia* sp₁₆, 208 *Pinnularia* sp₁₇, 209 *Pinnularia* sp₁₈, 210 *Pinnularia* sp₁₉, 211 *Epithemia adnata*, 212 *Rhopalodia brebissonii*, 213-214 *Rhopalodia gibba*, 215 *Rhopalodia gibberula*, 216-217 *Hantzschia amphioxys*, 218 *Hantzschia nitzschoides*, 219 *Nitzschia* cf. *amphibia*, 220 *Nitzschia levidensis*, 221 *Nitzschia* sp₁, 222 *Nitzschia* sp₂, 223 *Nitzschia* sp₃, 224 *Nitzschia* sp₄.

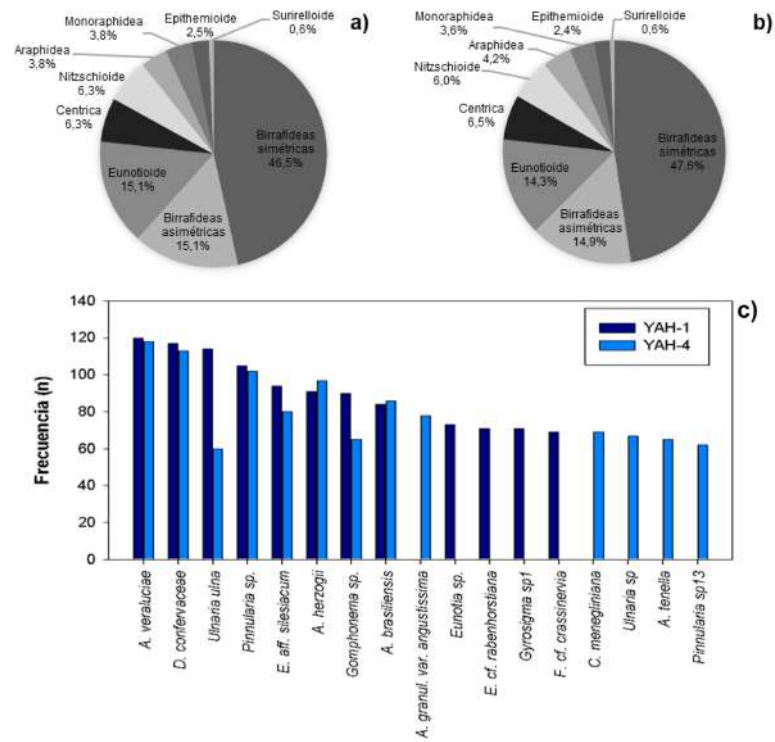


Figura 9. a. Grupos morfológicos en YAH1. **b.** Grupos morfológicos en YAH-4. **c.** Frecuencia de las morfoespecies de diatomeas más representativas en los núcleos

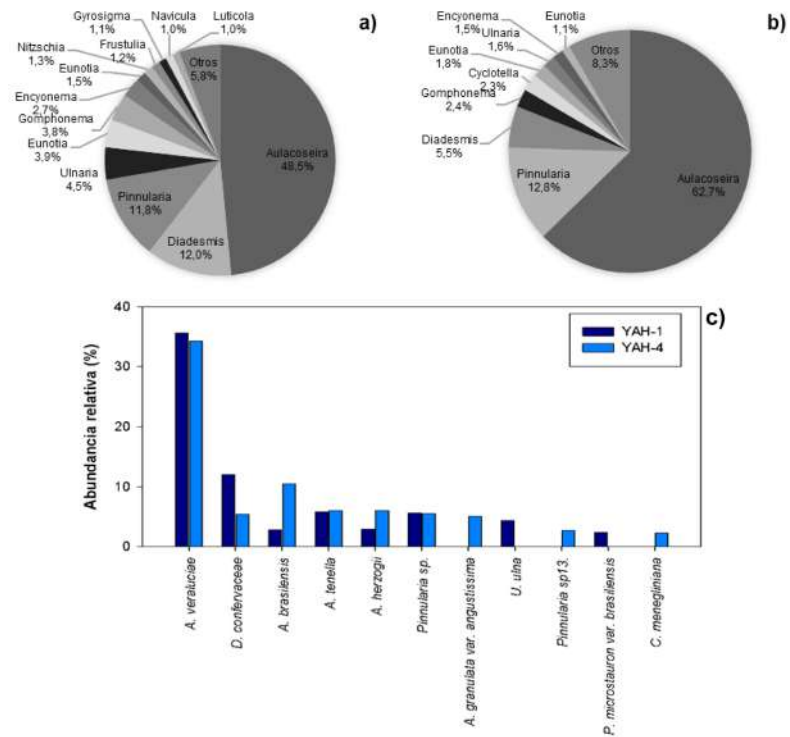


Figura 10. a. Grupos morfológicos en YAH1. **b.** Grupos morfológicos en YAH-4. **c.** Abundancia relativa de las morfoespecies de diatomeas más representativas en los núcleos

Discusión

El género *Pinnularia* fue el de mayor riqueza de morfotipos en los dos núcleos del sistema lagunar Yahuaraca. Este género prospera en aguas ácidas y pobres en nutrientes, típicas de los sistemas de aguas negras con bajos valores de pH y conductividad (**Metzeltin y Lange-Bertalot, 1998; Pereira et al., 2012; 2017**), características similares a las que presenta el sistema Yahuaraca, principalmente en el periodo hidrológico de aguas bajas, debido a la mayor influencia de la quebrada Yahuaraca, cuyas aguas son del tipo de negras (**Tabla S2**, <https://www.raccefyfyn.co/index.php/raccefyfyn/article/view/3106/4512>).

Además, en sistemas acuáticos de la región amazónica *Pinnularia* es un género bentónico (**Round et al., 1990; Pereira et al., 2012**), de ahí su gran riqueza en los sedimentos de Yahuaraca, ecosistema con un gran desarrollo de vegetación en la zona litoral, principalmente por la presencia de *Paspalum* spp (**Castillo, 2006**).

Otros géneros representativos fueron *Gomphonema* y *Eunotia*. Las especies del primero se adaptan bien a diversas condiciones hidrológicas, como lo demuestran los estudios realizados durante las estaciones secas y lluviosas en la Amazonia, en los que se identificaron múltiples taxones como *G. parvulum* var. *lagenula* y *G. pantropicum* (**Silva-Azevedo et al., 2018**). También la capacidad de colonizar sustratos de forma eficaz se ve reforzada por la secreción de mucílagos, lo que facilita la adhesión de las células a los macrófitos acuáticos (**Medeiros et al., 2018**).

El género *Eunotia* suele prosperar en los ecosistemas acuáticos amazónicos debido a sus adaptaciones únicas a las condiciones ambientales específicas de la región, incluidos los bajos niveles de nutrientes y el pH ácido. Esta adaptabilidad se refleja en la diversidad de especies y sus funciones ecológicas (**de Almeida et al., 2018**). También muchos arroyos amazónicos presentan condiciones ácidas que promueven el predominio de las especies de *Eunotia*, particularmente en los igarapés (arroyos pequeños) (**Ferrari et al., 2007**).

En general, el sistema lagunar Yahuaraca presentó una elevada riqueza de diatomeas si se compara nuestro estudio con otros en la región amazónica. Específicamente en Brasil, en la playa de Itupanema, en la ciudad de Barcarena, estado de Pará, Amazonas, **Ribeiro et al. (2010)** encontraron 58 especies de diatomeas en cinco núcleos sedimentarios de hábito bentónico y plantónico.

Por otro lado, el género *Aulacoseira*, de mayor abundancia, está presente en aguas moderadamente eutróficas, oligotróficas, mezcladas y turbias (**Sala et al., 1999, 2002a**), condición presente en el sistema lagunar Yahuaraca a lo largo de sus cambios hidrológicos anuales (aguas en ascenso, altas, en descenso y bajas). Su distribución es cosmopolita, común en ríos y lagos de aguas claras, negras y blancas de la Amazonia (**Kilham y Kilham, 1975; Zalocar y Maidana, 1997; Sala et al., 1999, 2002b**).

Aulacoseira veraluciae fue la central de mayor abundancia a lo largo de los núcleos en ambos lagos. Esta especie es de amplia distribución, desde los Andes a la Amazonia, y ocupa un extenso rango de elevaciones asociado a amplios rangos de conductividad (**Fritz et al., 2019**); también es una especie presente en una gran variedad de ambientes que van desde los oligotróficos hasta los eutróficos (**Tremarin et al., 2014**).

Otras diatomeas abundantes fueron *A. herzogii*, una especie de distribución cosmopolita que generalmente no forma colonias (**Hickel y Håkansson, 1991**). También se han reportado sus hábitos reofilicos (**Nardelli et al., 2014**) en ambientes lénticos y embalses (**Marra et al., 2016**). En embalses de Brasil *A. herzogii* se registra en un amplio rango de ambientes, pero con una preferencia por aguas con bajo contenido de fósforo y nitrógeno y en aguas débilmente ácidas (**Bicudo et al., 2016**). *Aulacoseira brasiliensis* tiene una ecología semejante, pero solo ha sido reportada en ambientes tropicales y subtropicales de Suramérica (**Bicudo et al., 2016**). *Aulacoseira tenella* tiene una ecología parecida, pero es cosmopolita (**Potapova, 2010**) y *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* es una especie también cosmopolita, de aguas con bajo contenido de sales y pH débilmente ácido, pero reportada en ambientes eutrofizados (**Bicudo et al., 2016**).

Otras especies muy frecuentes fueron *Diademes confervacea*, *Cyclotella meneghiniana*, *Ulnaria ulna* y *Frustulia cf. crassinervia*, todas con una distribución cosmopolita. *D. confervacea* se reporta en ambientes que van desde débilmente ácidos a circumneutrales, tanto en el bentos como en el plancton (Torgan y dos Santos, 2008), así como en ríos (Montoya-Moreno *et al.*, 2013). Esta especie suele ser más frecuente en ambientes poco profundos y ricos en materia orgánica (Ruwer y Rodrigues, 2018). *C. meneghiniana*, recientemente transferida al género *Stephanocyclus* (Kulikovskiy *et al.*, 2022), es común en ambientes poco profundos y ricos en nutrientes (Lowe y Kheiri, 2015). *U. ulna* es una especie bentónica con una distribución ecológica muy amplia y *F. cf. crassinervia* es una especie acidofílica, generalmente en aguas con un pH por debajo de 6,5 (Rivera-Rondón, 2014). Una descripción ecológica más detallada de las especies más representativas se encuentra en la **tabla S3**, <https://www.raccefn.co/index.php/raccefn/article/view/3106/4512>.

Por otro lado, es importante mencionar que en este estudio se encontró un alto grado de fragmentación de las diatomeas, lo cual se debe a que la acumulación de las comunidades de diatomeas actuales en el sedimento está controlada por un complejo conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que operan tanto en la columna de agua como en el sedimento, promoviendo la mezcla, rotura y disolución de los frústulos (Leira, 1998). También puede explicarse por los grandes tamaños (>10 µm) de las diatomeas encontradas en los sedimentos, donde la dinámica del río Amazonas las hace vulnerables a la fragmentación. La poca abundancia de las diatomeas encontradas en algunas secciones del núcleo también puede atribuirse al gran contenido de partículas sedimentarias, probablemente asociadas a los momentos de mayor influencia del río Amazonas.

Estudios ficológicos realizados en la Amazonia (Huszar y Reynolds, 1997; Putz y Junk, 1997; Donado y Duque, 2023) han demostrado que son dos los factores que determinan la estructura y dinámica de las comunidades de algas: el pulso de inundación, según definición de Junk *et al.* (1989), y el color de las aguas clasificado por Sioli (1984), siendo el proceso de inundación el de mayor importancia por influir fuertemente sobre la diversidad y la dinámica de los organismos y responsable de la presencia de especies en los ecosistemas (Junk, 1997).

La composición de diatomeas del lago Yahuaraca evidenció que *Pinnularia* y *Aulacoseira* fueron los géneros más comunes, al igual que en otros ambientes de la Amazonia colombiana. Sin embargo, especies como *A. veraluciae*, *A. herzogii*, *A. brasiliensis* y *A. tenella* se reportan por primera vez en Colombia. Por último, el grado de fragmentación afectó la identificación y alrededor de un 37,5 % de morfotipos no se pudieron identificar, lo que sugiere que existe aún una gran cantidad de especies por identificar. Nuestro estudio es un aporte al conocimiento regional y constituye una herramienta para la armonización de futuros estudios de paleoecología que se realicen en el trapecio amazónico de Colombia.

Conclusiones

El estudio reveló que el género *Pinnularia* registró el mayor número de morfotipos en el sistema lagunar Yahuaraca, siendo el más diverso, lo que destaca su adaptación a aguas ácidas y pobres en nutrientes, en tanto que *Aulacoseira* registró la mayor abundancia en los dos núcleos sedimentarios, con especies de una amplia variación morfológica que tienden a presentarse en ambientes oligotróficos a eutróficos.

La iconografía presentada es de gran importancia, pues este es el primer estudio paleolimnológico que incluye el análisis de diatomeas de un registro sedimentario en la Amazonia colombiana, así como la ecología de las especies más representativas, información que permite establecer cambios en las aguas de esta región, hacer reconstrucciones ambientales e inferir aspectos de la física y la química de los lagos, contribuyendo así al conocimiento regional y a futuros estudios.

Agradecimientos

Al proyecto “Evaluación del Cambio Global en un Humedal del Medio Amazonas: Sistema Yahuaraca (fase 1). Leticia-Amazonas” (BPIN 2012000100057), a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia, al Centro Universitario Regional del Este-CURE de la Universidad de La República Uruguay, al proyecto PPTA 6549 “Estudio de la diversidad de diatomeas del norte de Suramérica y de Centroamérica a diferentes escalas espaciales”, financiado por la vicerrectoría de investigación de la Universidad Javeriana (PUJ).

L. Palma-Silva recibió una beca de la gobernación de Amazonas en el marco del programa “Implementación del talento humano, programa de maestría y doctorado para el departamento de Amazonas-AMACIENCIAS” para realizar su doctorado en Ciencias Biológicas en la PUJ.

Información suplementaria

Ver la información suplementaria en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/3106/4512>

Contribución de los autores

L. P-S, C. R-R, S.R.D y F.G-R: concepción y diseño del estudio; L. P-S, F. G-R, S.R. D, C. R-R: adquisición de datos; L. P-S, C. R-R, F. G-R: análisis e interpretación de los datos; L. P-S, C. R-R, F.G-R, S.R. D, L.P: redacción del manuscrito; L. P-S, C. R-R, F. G-R, L. P: revisión crítica al manuscrito; L. P-S, C. R-R, L. P: identificación taxonómica; todos los autores: aprobación de la versión del manuscrito a publicar.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Almeida, P.D., Machado, S.M., Barros, B., Morales, E.A., Canto, P., Gaspar, M.D., Ruivo, M.L.P., Berrêdo, J.F.** (2020). Registros arqueobotánicos em um sambaqui amazônico: utilização de microalgas (Diatomáceas, Bacillariophyta) como indicadoras de alterações ambientais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 15, e20190036. <https://doi.org/10.1590/2178-2547-BGOELDI-2019-0036>
- Avendaño-Villeda D., & Caballero, M.** (2020). Especie *Cyclotella meneghiniana*. En: Diatomeas: Subclase Thalassiosirophyceae, Laboratorio de Paleolimnología, Instituto de Geofísica, UNAM. http://www.geofisica.unam.mx/iframes/laboratorios/institucionales/paleolimnologia/sitio_web/diatomeas.html.
- Bengtson, P.** (1988). Open nomenclature. *Palaeontology*, 31, 223-227.
- Bicudo, D.C., Tremarin, P.I., Almeida, P.D., Zorzal-Almeida, S., Wengrat, S., Faustino, S.B., Morales, E.A.** (2016). Ecology and distribution of *Aulacoseira* species (Bacillariophyta) in tropical reservoirs from Brazil. *Diatom Research*, 31, 199-215. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2016.1227376>
- Canani, L.G.C., Fraia, R.S., Melo, S.** (2018). Periphytic *Actinella* Lewis (Ochrophyta, Bacillariophyceae) species from an environmental protection area in the Brazilian Amazon. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 30, e209.
- Castillo C.T.** (2006). Productivity and biomass fitoperifítica in the lakes Yahuaraca y Tarapoto (Amazonas-Colombia). *Revista ambiental agua, aire y suelo*, 1, 59-68.
- Conforti V., & Nudelman, A.** (1994). Ultrastructure of the lorica of *Trachelomonas* Ehr. from the Colombian Amazonia. *Revista Hydrobiología tropical*, 2, 301-314.
- de Almeida, F.F., Santos-Silva, E.N. Ector, L. Wetzel, C.E.** (2018). *Eunotia amazonica* sp. nov. (Bacillariophyta), a common stalk-forming species from the Rio Negro basin (Brazilian Amazon). *European Journal of Phycology*, 53, 166-179. <https://doi.org/10.1080/09670262.2017.1402372>.
- Díaz-Castro, J.G., Souza-Mosimann, R.M., Laudares-Silva, R., Forsberg, B.R.** (2003). 1. Composição da comunidade de diatomáceas periféricas do rio Jaú, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 33, 583-606. <https://doi.org/10.1590/S0044-9672003000400005>

- Donato-R, J.CH., & Duque. S.R.** (2023). Littoral areas of Amazonian floodplain lakes: a biological reserve to biodiversity loss. *Limnology*, 42, 19-36. <https://doi.org/10.23818/limn.42.03>
- Duque, S.R.** (1995). Euglenofitas pigmentadas de la Amazonia colombiana. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales*, 19, 651-659.
- Duque, S.R., & Donato, J.CH.** (1996a). Desmidióflora de lagos marginales del río Amazonas en Colombia. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales*, 20, 57-61.
- Duque, S.R., & Donato, J.CH.** (1996b). Primeros registros de Actinotaenium y Cosmarium (Zygophyceae) en lagos de la orilla colombiana del río Amazonas. *Caldasia*, 18, 203-210.
- Duque, S.R., & Donato, J.CH.** (1995b). Primeros registros de desmicias filamentosas (Zygophyceae) en lagos de la orilla colombiana del río Amazonas. *Boletín Ecológico*, 29, 1-10.
- Duque, S.R., & Donato, J.CH.** (1994). Primeros registros de Closterium (Desmidiaceae) en lagos de la orilla colombiana del río Amazonas. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales*, 19, 259-264.
- Duque, S.R., & Donato, J.CH.** (1993). Primeros registros de Micrasterias (Desmidiaceae) en lagos del río Amazonas de Colombia. *Caldasia*, 17, 354-355.
- Duque, S.R., & Núñez-Avellaneda., M.** (2000). Microalgas Acuáticas de la Amazonía Colombiana. *Biota colombiana*, 1, 208-2016.
- Duque, S.R., & Núñez-Avellaneda., M.** (1997). Ficoflora de algunos ambientes acuáticos de la amazonia colombiana. *Caldasia*, 19, 279-284.
- Duque, S.R., Ruiz, J.E., Gómez, J., Roessler, E.** (1997). Limnología. pp 69-134. en: IGAC (Ed.). 1997. *Zonificación ambiental para el plan modelo colombo-brasilero (Eje Apaporis - Tabatinga: PAT)*. Editorial Linotipia.
- Drago, E.** (2007). Chapter 4. The Physical Dynamics of the River - Lake Floodplain System. 83-122 pp. In: Drago, E. M.H. Iriondo, J.C. Paggi, M.J. Parma (Eds.). *The Middle Paraná River: Limnology of a Subtropical Wetland*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Echenique R.O., Núñez-Avellaneda, M., Duque, S.R.** (2013). Chlorococcales de la Amazonia Colombiana II. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48, 407-420.
- Echenique R.O., Núñez-Avellaneda, M., Duque, S.R.** (2004). Chlorococcales de la Amazonia Colombiana I: Chlorellaceae y Scenedesmeceae. *Caldasia*, 26, 37-51.
- Ferrari, F., Procopiak, L.K., Alenkar, Y.B., Ludwin, T.A.V.** (2007). Eunotiaceae (Bacillariophyceae) em igarapés da Amazônia Central, Manaus e Presidente Figueiredo, Brasil. *Acta Amazonica*, 37, 1-16.
- Fritz, S.C., Benito, X., Steinitz-Kannan, M.** (2019). Long-term and regional perspectives on recent change in lacustrine diatom communities in the tropical Andes. *Journal Paleolimnology*, 61, 51-262. <https://doi.org/10.1007/s10933-018-0056-6>.
- Guiry, M.D., & Guiry, G.M.** (2 de diciembre de 2024). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>
- Hickel, B., & Håkansson, H.** (1991). The freshwater diatom *Aulacoseira herzogii*. *Diatom Research*, 6, 299-305.
- Hofmann, G., Lange-Bertalot, H., Werum, M.** (2013). *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa: 2.* (908 pp.) Corrected Edition Koeltz Scientific Books.
- Hofmann, G., Werum, M. and Lange-Bertalot, H.** (2011). *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa.* (908 pp.). Koeltz Scientific Books.
- Houk, V., Klee, R., Tanaka, H.** (2010). Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions, Part III. Stephanodiscaceae A. *Cyclotella, Tertiaris, Discostella Fottea*, 10, 1-498.
- Huszar, V.L.M., & Reynolds, C.S.** (1997). Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Pará, Brasil): Responses to gradual environmental change. *Hidrobiologia*, 346, 169-181.
- Junk, W.J.** (1997). *The central amazon floodplain. Ecology of a pulsing system*. Springer.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E.** (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. In D.P. Dodge (Ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)* (pp 110-127). Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106. <https://www.researchgate.net/publication/256981220>
- Kilham, S.S., & Kilham, P.** (1975). *Melosira granulata* (EHR.) RALFS: morphology and ecology of a cosmopolitan freshwater diatom. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 19, 2716-2721. <https://doi.org/10.1080/03680770.1974.11896368>.

- Krammer, K.** (2000). The genus *Pinnularia* the Diatoms of Europe. *Diatoms of Inland Waters and Comparable Habitats*, 1, 1-703.
- Krammer, K., & Lange-Bertalot, H.** (1991). Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae In Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 2, 1-576. Gustav Fisher Verlag.
- Kulikovskiy, M., Genkal, S., Maltsev, Y., Glushchenko, A., Kuznetsova, I., Kapsutin, D., Gusev, E., Martynenko, N., Kociolek, J.P.** (2022). Resurrection of the diatom genus *Stephanocyclus* (Coscinodiscophyceae: Stephanodiscaceae) on the basis of an integrated molecular and morphological approach. *Fottea*, 22 (1), 181-191.
- Kulikovskiy, M.S., Glushchenko, A.M., Genkal, S.I., Kuznetsova, I.V., Kociolek, J.P.** (2020). *Platebaikalia* - a new monoraphid diatom genus from ancient Lake Baikal with comments on the genus *Platessa*. *Fottea*, 20, 58-67.
- Lange-Bertalot, H., Bak, M., Witkowski, A., Tagliaventi, N.** (2011). Eunotia and some related genera. In: Lange Bertalot H (Ed.), *Diatoms of Europe - diatoms of the European inland waters and comparable habitats* (P 747). A.R.G. Gantner Verlag.
- Leira, M.** (1998). Preservación de diatomeas en sedimentos turbosos. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 23, 225-236.
- Levkov, Z., Krstic, S., Metzeltin, D. and Nakov, T.** (2007). Diatoms of Lakes Prespa and Ohrid: about 500 taxa from ancient lake system, *Iconographia Diatomologica*, 16, 1-613.
- Li, Y., Zhang, C., Hu, Z.** (2024). Hydraulic retention time governed the micro/nanostructures of titanium-incorporated diatoms and their photocatalytic activity. *Environmental Pollution*, 345, 123398. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123398>
- Lowe, R., & Kheiri, S.** (12 de enero de 2015). *Stephanocyclus meneghinianus*. In Diatoms of North America. https://diatoms.org/species/48640/stephanocyclus_meneghinianus.
- Makri, S., Lami, A., Lods-Crozet, B., Loizeau, J.C.** (2019). Reconstruction of trophic state shifts over the past 90 years in a eutrophicated lake in western Switzerland, inferred from the sedimentary record of photosynthetic pigments. *Journal of Paleolimnology*, 61, 129-145. <https://doi.org/10.1007/s10933-018-0049-5>
- Marra, R.C., Tremarin, P.I., Algarte, V.M., Ludwig, T.V.** (2016). Epiphytic diatoms (Diatomeae) from Piraquara II. Urban reservoir, Paraná state. *Biota Neotropica*, 16, e20160200. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0200>
- Medeiros, G., Amaral, M.W.W., Ferreira, P.C., Ludwig, T.V., Bueno, N.C.** (2018). Gomphonema Ehrenberg (Bacillariophyceae, Gomphonemataceae) of the São Francisco Falso River, Paraná, Brazil. *Biota Neotropica*, 18, e20170495. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0495>.
- Melo, S., Torgan, L.C., Raupp, S.V.** (2010). *Actinella* species (Bacillariophyta) from an Amazon black water floodplain lake (Amazonas – Brazil). *Acta Amazonica*, 40, 269-274.
- Metzeltin, D., & Lange-Bertalot, H.** (2007). Tropical diatoms of South America II. En: Lange-Bertalot, H. (Ed.), *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Vol. 18. Taxonomy Diversity Biogeography* (p. 879). Koeltz Scientific Books.
- Metzeltin, D., & Lange-Bertalot, H.** (1998). *Tropical Diatoms of South America I. About 70 predominantly rarely known or new taxa representative of the Neotropical flora. Iconographia Diatomologica 5.* Koeltz.
- Montoya-Moreno, Y., & Aguirre, N.** (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*, 16, 91-117.
- Montoya-Moreno, Y., Sala, S., Vouilloud, A., Aguirre, N., Plata-Díaz, Y.** (2013). Lista de las diatomeas de ambientes continentales de Colombia. *Biota colombiana*, 14, 13:78.
- Moreira, L.S., Moreira-Turcq, P., Cordeiro, R.C., Turcq, B., Caquineau, S., Viana, J.C.C., Brandini, N.** (2013). Holocene paleoenvironmental reconstruction in the Eastern Amazonian Basin: Comprido Lake. *Journal of South American Earth Sciences*, 44, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.12.012>
- Nardelli, M., Bueno, N., Ludwig, T., Tremarin, P., Bartozek, E.** (2014). Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae (Diatomeae) in the Iguazu River, Paraná, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 28, 127-140. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062014000100013>.
- Núñez-Avellaneda, M., & Duque, S.R.** (2000). Desmidiás (Zygnemaphyceae) de un pequeño tributario del Río Amazonas en Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 24, 493-498.
- Núñez-Avellaneda, M., & Duque, S.R.** (1997). Chlorococcales (Alga, Chlorophyceae) found in aquatic environments of the Colombian Amazon basin. *Caldasia*, 20, 7-13.

- Pereira, A.C., Torgan, L.C., Melo, S. (2017). *Pinnularia* (Bacillariophyta, Pinnulariaceae) dos cursos superior e médio do rio Negro e de tributários, Amazonas, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 12, 49-74.
- Pereira, A.C., Torgan, L.C., Burliga, A.L., Kociolek, J.P., Wetzet, C.E., Ector, L., Melo, S. (2015). *Pinnularia caprichosa* sp. nov.: a diatom from a black water Brazilian Amazon system. *Phytotaxa*, 239, 280-286. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.239.3.9>
- Pereira, A.C., Torgan, L.C., Melo, S. (2014). Four new *Pinnularia* Ehrenberg (Bacillariophyta, Pinnulariaceae) species from Amazonian black water (Tupé Lake, Amazonas State, Brazil). *Phytotaxa*, 158, 154-168.
- Pereira, A.C., Torgan, L.C., Melo, S. (2013). *Pinnularia* Ehrenberg (Bacillariophyceae) de um lago de inundação amazônico (lago Tupé, Amazonas, Brasil). *Iheringia, Série Botânica*, 68, 91-101.
- Pereira, A.C., Torgan, L.C., Melo, S. (2012). *Pinnularia* (Bacillariophyta) do curso inferior do rio Negro, Amazonas, Brasil: taxonomia e distribuição temporal. *Acta Amazonica*, 42, 305-314. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000300001>
- Potapova, M. (2010). *Aulacoseira tenella* [online]. Diatoms of the United States. https://diatoms.org/species/45276/aulacoseira_tenella.
- Putz, R., & Junk, W.J. (1997). Phytoplankton and periphyton. In: Junk, W. J. (Ed.). *The central Amazon floodplain. Ecology of a pulsing system* (pp 207-2019). Springer.
- Round, F.E., Crawford, D.R.M., Mann, D.G. (1990). *The diatoms: biology and morphology of the genera: 1-747*. Cambridge University Press.
- Rivera-Rondón, C., & Catalán, J. (2017). Diatom diversity in the lakes of the Pyrenees: An iconographic reference. *Limnetica*, 36: 127-395. <https://doi.org/10.23818/limn.36.10>.
- Rivera-Rondón, C. A. (2014). Diatom-based reconstruction of Late Glacial and Early Holocene environment in the Pyrenees. [Tesis doctoral] Universitat de Barcelona.
- Rumrich, U., Lange-Bertalot, H., Rumrich, M. (2000). Diatoms of the Andes. From Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego and two additional contributions. Lange-Bertalot, H. (Ed.), *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs*. Vol. 9. Phytogeography-Diversity-Taxonomy. Koeltz Scientific Books.
- Ruwer, D.T., & Rodrigues, L. (2018). Abundance of *Diademesmia confervacea* Kützing and *Eunotia camelus* Ehrenberg indicates the historical water level variation in a marsh. *Brazilian Journal of Botany*, 41, 241-246. <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0438-4>
- Sala, S.E., Guerrero, J.M., Núñez-Avellaneda, M., Kociolek, J.P. (2021). Newspecies of *Stenopterobia* (Bacillariophyta) from Colombia and Peru, and new nomenclatural transfers in *Iconella*. *Phytotaxa*, 514, 061-076. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.514.1.4>
- Sala, S.E., Plata-Díaz, Y., Pimental, A. (2015). Taxonomía y distribución de diatomeas epilíticas registradas por primera vez en Colombia. I. *Caldasia*, 37, 125-141. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n1.50814>
- Sala, S.E., Núñez-Avellaneda, M., Vouilloud, A.A. (2008a). Ultrastructure of the frustule of *Urosolenia* species from the Colombian and Peruvian Amazon: *U. delicatissima* spec. nov., *U. amazonica* spec. nov. and *U. braunii* (hustedt) rott y kling. *Diatom Research*, 23, 159-169.
- Sala, S.E., Ramírez, J.J., Plata, Y. (2008b). Diatoms from lentic and lotic systems in Antioquia, Chocó and Santander Departments in Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 56, 1159-1178.
- Sala, S.E., Duque, S.R., Núñez-Avellaneda, M., Lamaro, A.A. (2002a). Diatoms from the Colombian Amazonia. *Cryptogamie, Algalogie*, 23, 75-99.
- Sala, S.E., Duque, S.R., Núñez-Avellaneda, M., Lamaro, A.A. (2002b). Diatoms from the Colombian Amazon: some species of the genus *Eunotia* (Bacillariophyceae). *Acta Amazónica*, 32, 589-603.
- Sala, S.E., Duque, S.R., Núñez-Avellaneda, M., Lamaro, A.A. (1999). Nuevos registros de diatomeas (Bacillariophyceae) de la amazonia colombiana. *Caldasia*, 21, 26-37.
- Salcedo-Hernández, M.J., Duque, S.R., Palma, L., Torres-Bejarano, A., Montenegro, D., Bahamón, N., Lagos, L., Alvarado, L.F., Gómez, M., Alba, A. P. (2012). Ecología del fitoplancton y dinámica hidrológica del sistema lagunar de Yahuaraca, Amazonas, Colombia: análisis integrado de 16 años de estudio. *Mundo Amazónico*, 3, 17-42.
- Simonato, J., Kociolek, J.P., Sala, S.E., Plata-Díaz, Y., Núñez-Avellaneda, M. (2020). Three new *Luticola* species from the Andean-Amazonian transition in Colombia: taxonomy, morphology and preliminary considerations of the biogeography of the genus. *Diatom Research*, 35, 377-393. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2020.1813205>

- Silva-Azevedo, J., Talgatti, D.C. Carvalho-Torgan, L. Pereira, A.C. Melo, S.** (2018). O gênero *Gomphonema* (Bacillariophyta) na comunidade perifítica do rio e reservatório de Curuá-Una (Santarém, Pará, Brasil). *Rodriguésia*, 69, 765-776.
- Simonsen, R.** (1979). The diatom system: ideas on phylogeny. *Bacillaria*, 2, 9-71.
- Sioli, H.** (1984). *The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Monographiae Biologicae Dordrecht.
- Spaulding, S., Potapova, M., Bishop, I., Lee, S., Gasperak, T., Jovanoska, E., Furey, P., Edlund, M.** (2022). Diatoms.org: supporting taxonomists, connecting communities. *Diatom Research*, 36, 291-304. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2021.2006790>
- Stearn, W.T.** (1992). *Botanical Latin. History, grammar, syntax, terminology and vocabulary*. 4a Ed. Timber Press.
- Taucher, J., Bach, L.T., Prowe, A.E.F., Boxhammer, T., Kvale, K., Riebesell, U.** (2022). Enhanced silica export in a future ocean triggers global diatom decline. *Nature*, 605, 696-700. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04687-0>.
- Thacker, M., & Karthick, B.** (2023). Chapter 14 - A catalogue of Quaternary diatoms from the Asian tropics with their environmental indication potential for paleolimnological applications. In N. Khare (Ed.), *The Role of Tropics in Climate Change* (pp 311-391). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99519-1.00012-0>.
- Torgan, L.C., & dos Santos, C.B.** (2008). *Diadesmis confervacea* (Diadesmiaceae-Bacillariophyta): morfología externa, distribución e aspectos ecológicos. *IHERINGIA, Série Botânica, Porto Alegre*, 63, 171-176.
- Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V., Torgan, L.C.** (2014). *Aulacoseira veraluciae* sp. nov. (Coscinodiscophyceae, Aulacoseiraceae): a common freshwater diatom from Brazil. *Phytotaxa*, 184, 208-222. <https://doi.org/10.11646/PHYTOTAXA.184.4.2>
- Tremarin, P.I., Paiva, R.S., Ludwig, T.A.V., Torgan, L.C.** (2013). *Aulacoseira calypso* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) from an Amazonian Lake, northern Brazil. *Phycological Research*, 61, 292-298. <https://doi.org/10.1111/pre.12031>
- Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V., Torgan, L.C.** (2012) Ultrastructure of *Aulacoseira brasiliensis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) and comparison with related species. *Fottea*, 12, 171-188.
- Troudet, J., Grandcolas, P., Blin, A., Vignes-Lebbe, R., Legendre, F.** (2017). Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Scientific Reports*, 7, 9132. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09084-6>
- Rumrich, U., Lange-Bertalot, H., Rumrich, M.** (2000). Diatoms of the Andes. From Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego and two additional contributions. In: Lange-Bertalot, H. (ed.), *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Vol. 9. Phytogeography-Diversity-Taxonomy*. Koeltz Scientific Books.
- Vélez, M.I., Hooghiemstra, H., Metcalfe, S., Wille, M., Berrío, J.C.** (2006). Late Glacial and Holocene environmental and climatic changes from a limnological transect through Colombia, northern South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 234, 81-96.
- Vigna M.S., & Duque, S.R.** (1999). Silica-scaled chrysophytes from Amazonian region in Colombia. *Nova Hedwigia*, 69, 151-162. <https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/69/1999/151>
- Vigna, M.S., Duque S.R., Núñez-Avellaneda, M.** (2005). Tropical silica-scaled chrysophyte flora (Chrysophyceae and Synurophyceae) from Colombia. *Nova Hedwigia*, 128, 151-166.
- Vouilloud, A.A., Sala, S.E., Núñez-Avellaneda, M., Montoya-Moreno, Y., Duque, S.R.** (2013). Brachysira (Naviculales, Bacillariophyceae) in lowland waters from Colombia. *Diatom Research*, 29, 147-63. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2013.866909>
- Vouilloud, A.A., Sala, S.E., Núñez-Avellaneda, M., Duque, S.R.** (2010). Diatoms from the Colombian and Peruvian Amazon: the Genera *Encyonema*, *Encyonopsis* and *Gomphonema* (Cymbellales: Bacillariophyceae). *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 58, 45-62.
- Wengrat, S., Morales, E.A., Wetzel, C.E., Bicudo, D.C.** (2016). Taxonomy and ecology of *Fragilaria billingsii* sp. Nov. and analysis of type material of *Synedra rumpens* var. *fusa* (Fragilariaceae, Bacillariophyta) from Brazil. *Phytotaxa*, 270, 191-202.
- Wetzel, C.E., Ector, L., Bicudo, D.C.** (2014). Type analysis of *Aulacoseira gessneri* (Hustedt) Simonsen (Bacillariophyceae) from South America. *Nova Hedwigia, Beiheft*, 143, 381-390.
- Wetzel, C.E., Morales, E.A., HinZ, F., Bicudo, D.C., Ector, L.** (2013). *Fragilariforma javanica* comb. nov.: analysis of type material of a widely reported species with a tropical distribution. *Diatom Research*, 28, 373-379. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2013.809668>

- Wetzel, C.E., Ector, L., Hoffmann, L., Lange-Bertalot, H., Bicudo, D.C.** (2011). Two new periphytic *Eunotia* species from the Neotropical Amazonian 'black waters', with a type analysis of *E. braunii*. *Diatom Research*, 26, 135-146.
- Wetzel, C.E., Ector, L., Hoffmann, L., Bicudo, D.C.** (2010). Colonial planktonic *Eunotia* (Bacillariophyceae) from Brazilian Amazon: Taxonomy and biogeographical considerations on the *E. asterionelloides* species complex. *Nova Hedwigia*, 91, 49-86.
- Williams, D.M.** (1986). Comparative morphology of some species of *Synedra* Ehrenb. with a new definition of the genus. *Diatom Research*, 1, 131-152.
- Zalocar de Domitrovic, Y., & Maidana, N. I.** (1997). *Taxonomic and ecological studies of the Paraná River diatom flora (Argentina)*. J. Cramer.
- Zhang, X., Xu, X., Reed, J.M.** (2020). Sedimentary diatom and pigment-inferred recent anthropogenic accelerated eutrophication of a Mediterranean lake (Lake Dojran, Republic of North Macedonia/Greece). *Journal of Oceanology and Limnology*, 38, 1787-1798. <https://doi.org/10.1007/s00343-020-9320-5>