



**Paleohidrología y ocupaciones humanas prehispánicas en las tierras bajas inundables del  
golfo de Urabá, Colombia: un acercamiento a las condiciones de riesgo y vulnerabilidad  
económicas en el sitio arqueológico El Vergel**

Sergio Albeiro González Avendaño

Trabajo de grado presentado para optar al título de Antropólogo

Asesor

William Andrés Posada Restrepo, Doctor (PhD) en Geografía

Co-asesora

Omaira Rosa Sierra Arango, Doctora (PhD) en Paleontología

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Sociales y Humanas

Antropología

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

<b>Cita</b>	(González Avendaño, 2022)
<b>Referencia</b>	González Avendaño, S. A. (2022). <i>Paleohidrología y ocupaciones humanas prehispanicas en las tierras bajas inundables del golfo de Urabá, Colombia: un acercamiento a las condiciones de riesgo y vulnerabilidad económicas en el sitio arqueológico El Vergel</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Grupo de Investigación y Gestión sobre Patrimonio.

Centro de Investigaciones Sociales y Humanas (CISH).



CRAI María Teresa Uribe (Facultad de Ciencias Sociales y Humanas)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes

**Decano/Director:** Alba Nelly Gómez García

**Jefe departamento:** Javier Rosique García

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

A mi familia por su amor y apoyo incondicionales y por las palabras de aliento en los momentos difíciles.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, deseo agradecer a mi madre Luz Berenice, a mi padre Francisco José, a mis hermanas Diana y Yulieth y a mi hermano Juan José por su amor, apoyo incondicional, por sus palabras de aliento y comprensión en los momentos difíciles de este largo proceso.

A mi abuela Etelvina Echeverri por su amor, dedicación, comprensión y fortaleza QEPD.

A Eleazar Mira cuyo apoyo a lo largo de mi vida siempre será recordado con inmensa gratitud.

A mi asesor William Posada por la confianza puesta en mí para la ejecución de esta ardua tarea, por su valiosa guía, por su empatía y apoyo durante mi proceso de formación, y por impulsar mi carrera con enseñanzas y productos que trascienden el ámbito del trabajo de grado.

A mi co-asesora Omaira Sierra por su disposición para instruirme en un área del conocimiento que en un momento fue totalmente desconocida para mí, pero que gracias a su orientación pude adentrarme en el complejo mundo de las diatomeas.

Al equipo de trabajo del Museo Universitario de la Universidad de Antioquia (MUUA) por todos los aprendizajes allí adquiridos. Especial agradecimiento a Hernán Pimienta y a Jaime Tamayo por todos los conocimientos compartidos y por el apoyo que me brindaron para mis proyectos académicos y personales dentro y fuera del MUUA, por hacer de mi estadía en el Museo un período acogedor y de aprendizaje.

A los compañeros y a las compañeras con quienes aprendí y compartí gratos momentos a lo largo de mi ciclo académico: Juan José Gómez, Mateo Kupstys, Ana Torres, Rosemberth Kury, Yulisa Aristizábal, Erika Álvarez, Daniela Borja, Maira Castrillón, Andrés Echeverri, Daniela Jaramillo, Elkin Páez, Yenifer Giraldo, Jorge Casas, Andrea Santa, Estefanía Dávila; Mónica Ruiz, Kelly Zuluaga, Wilder Gallego, Juan Álvarez, Estefanía Arroyave y Juan Camilo Gómez.

A las comunidades de Lomas Aisladas, de Barranquillita y de El Vergel por recibirnos en su territorio y por su apoyo en las agotadoras temporadas de campo.

Agradecimientos a Heriberto David Higueta curador del Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA) por su buena disposición y colaboración en la identificación de la planta colectada en campo.

A Mónica Marín, a Sneider Rojas y al grupo de trabajo del Programa de Investigación de la Depresión Momposina (PIDMO) por abrirme las puertas de este espacio y por sus enseñanzas.

A la profesora Lorena Grana por sus enseñanzas, su buena disposición y apoyo durante mi estancia de investigación en el Laboratorio de Geoarqueología y Paleoambiente del Instituto de Datación y Arqueometría (IDYA). A Angie Pereira por sus enseñanzas durante mi pasantía de investigación en Argentina.

Al profesor Javier Aceituno por la confianza mostrada en los trabajos realizados en campo, por sus comentarios académicos sobre los datos de la investigación y por facilitarme los equipos para las actividades de laboratorio.

## Tabla de contenido

Resumen .....	11
Abstract .....	12
Introducción .....	13
1 Planteamiento del problema .....	16
2 Área de estudio .....	20
2.1 Geología y geomorfología.....	21
2.2 Hidrogeología.....	21
2.3 Particularidades hidroclimáticas.....	23
2.4 Humedales .....	24
2.5 Suelos .....	27
3 Antecedentes .....	29
3.1 Antecedentes arqueológicos y paleoambientales cuenca río Sucio.....	29
3.2 Antecedentes arqueológicos y paleoambientales región de Urabá .....	33
4 Justificación .....	38
5 Objetivos .....	40
5.1 Objetivo general .....	40
5.2 Objetivos específicos.....	40
6 Marco conceptual.....	41
6.1 Sistemas, relaciones y contexto.....	41
6.2 El cambio de los SAC visto como fuente de equilibrio/desequilibrio .....	43
6.3 Alteración de los SAC, economía productiva y cambio social .....	46
7 Metodología .....	48
7.1 La reconstrucción paleoecológica en la Arqueología.....	48

7.2 Las diatomeas como indicador ambiental .....	50
7.3 Las diatomeas en arqueología .....	51
7.4 Parámetros de estudio y afinidades ecológicas de las diatomeas .....	52
7.4.1 Hábitat.....	52
7.4.2 Salinidad .....	53
7.4.3 pH.....	53
7.4.4 Trofismo.....	54
7.5 Colección de referencia.....	55
7.5.1 Muestreo Río León .....	55
7.5.2 Muestreo Laguna El Congo .....	58
7.6 Metodología campo arqueología.....	61
7.7 Laboratorio .....	63
8 Resultados .....	68
8.1 Diatomeas El Vergel .....	68
8.2 Diatomeas El Congo.....	76
8.3 Diatomeas río León .....	80
9 Interpretación paleoecológica del sitio arqueológico El Vergel .....	86
9.1 Discusión.....	95
10 Conclusiones .....	99
11 Recomendaciones.....	101
12 Descripciones taxonómicas de las diatomeas del sitio arqueológico El Vergel y de los cuerpos de agua cercanos: Laguna El Congo y río León.....	102
12.1 Plancha 1 .....	148
12.2 Plancha 2 .....	150
12.3 Plancha 3 .....	152

12.4 Plancha 4 .....	154
12.5 Plancha 5 .....	156
12.6 Plancha 6 .....	158
12.7 Plancha 7 .....	160
12.8 Plancha 8 .....	162
12.9 Plancha 9 .....	164
12.10 Plancha 10 .....	166
12.11 Plancha 11 .....	168
12.12 Plancha 12 .....	170
Referencias .....	172
Anexos.....	184

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Proporciones especies diatomeas relleno canal El Vergel .....	72
<b>Tabla 2</b> Especies de diatomeas El Vergel .....	74
<b>Tabla 3</b> Parámetros físico-químicos El Congo.....	76
<b>Tabla 4</b> Resultados parámetros químicos laguna El Congo. Realizado en el Laboratorio de Análisis de Aguas de CORPOURABA.....	78
<b>Tabla 5</b> Especies de diatomeas El Congo.....	79
<b>Tabla 6</b> Parámetros físico-químicos río León .....	81
<b>Tabla 7</b> Especies de diatomeas río León .....	82
<b>Tabla 8</b> Presencia/ausencia de diatomeas en los tres puntos de muestreo .....	83

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b>	Mapa ubicación excavación arqueológica y muestreos de perifiton proyecto río León.	20
<b>Figura 2</b>	Mapa hidrológico e hidrogeológico área de estudio proyecto Río León.....	28
<b>Figura 3</b>	Diagrama marco conceptual .....	47
<b>Figura 4</b>	Mapa muestreo río León .....	56
<b>Figura 5</b>	Afloramiento de cantos costado oriental río León.....	57
<b>Figura 6</b>	Obtención de muestra de perifiton del río León .....	58
<b>Figura 7</b>	Mapa muestreo laguna El Congo.....	59
<b>Figura 8</b>	Macrófita muestreada .....	60
<b>Figura 9</b>	Medición parámetros físico-químicos laguna El Congo .....	61
<b>Figura 10</b>	Mapa excavación sitio El Vergel.....	62
<b>Figura 11</b>	Perfil estratigráfico corte El Vergel.....	63
<b>Figura 12</b>	Muestras extraídas de la canaleta .....	64
<b>Figura 13</b>	Procedimiento laboratorio .....	66
<b>Figura 14</b>	Porcentajes géneros diatomeas El Vergel.....	68
<b>Figura 15</b>	Diatomeas disueltas y fragmentadas El Vergel .....	69
<b>Figura 16</b>	Valva con avanzado proceso de laminación.....	70
<b>Figura 17</b>	Porcentajes géneros diatomeas El Congo .....	77
<b>Figura 18</b>	Porcentajes géneros diatomeas río León.....	81
<b>Figura 19</b>	Distribución de diatomeas en la secuencia sedimentaria de El Vergel .....	87
<b>Figura 20</b>	Distribución temporal de diatomeas en El Vergel.....	88
<b>Figura 21</b>	Estructuras de resistencia diatomeas centrales .....	91

## Siglas, acrónimos y abreviaturas

<b>Aff.</b>	Affinis (emparentado con...)
<b>ANLA</b>	Agencia Nacional de Licencias Ambientales
<b>A.P.</b>	Antes del Presente
<b>CAM</b>	Centro de Microscopía Avanzada
<b>D.C.</b>	Después de Cristo
<b>Cf.</b>	Confer (comparar con...)
<b>CORPOURABA</b>	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá
<b>GIAP</b>	Grupo de Investigación de Arqueología y Prehistoria
<b>HUA</b>	Herbario de la Universidad de Antioquia
<b>IDEAM</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
<b>IGAC</b>	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
<b>INDYA</b>	Instituto de Datación y Arqueometría
<b>MEB</b>	Microscopía Electrónica de Barrido
<b>Msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>MUUA</b>	Museo Universitario Universidad de Antioquia
<b>PMP</b>	Punto de Marchitez Permanente
<b>PIDMO</b>	Programa de Investigación de la Depresión Momposina
<b>SAC</b>	Sistema Adaptativo Complejo
<b>Spp</b>	Especies
<b>UMP</b>	Unidad Mínima de Paisaje
<b>ZCIT</b>	Zona de Convergencia Intertropical

## Resumen

Este trabajo buscó identificar cambios en las características del agua relacionados con los cambios en el paisaje y con las condiciones de riesgo y vulnerabilidad en las poblaciones prehispánicas asentadas en la cuenca media del río León desde la llegada de los primeros humanos a la zona hace 1500 años aproximadamente. El contexto arqueológico se aborda a partir del concepto de Sistema Adaptativo Complejo en tanto da cuenta del complejo entramado de relaciones entre el medio biótico (incluidos los seres humanos) y el medio abiótico. El estudio se realizó con base en la identificación del ensamble de diatomeas presente en el sitio arqueológico El Vergel en relación con los ensambles de diatomeas actuales, análisis cerámicos, análisis geoquímicos, análisis palinológicos y descripciones de suelos presentados para la zona.

Las variaciones ambientales temporales intrasitio y extrasitio con relación a los cuerpos de agua aportaron información relevante en cuanto al uso de las estructuras hidráulicas y su relación con las condiciones de riesgo y vulnerabilidad económicas de las poblaciones asentadas en la cuenca media del río León en tiempos prehispánicos.

*Palabras clave:* Sistema Adaptativo complejo, riesgo y vulnerabilidad, estructuras hidráulicas, paleohidrología.

### **Abstract**

This investigation aim to identify changes in the water bodies related to changes on the landscape and the risk and vulnerability conditions of the prehispanic inhabitants settled in the middle basin of río León from the arrive of the first humans to the zone 1500 year ago. The archaeological context was tackled on the basis of Complex Adaptative System concept since comprise the complex web relationships between biotic (including human beings) and abiotic components of the environment. This study carried out based on the identification of the diatom assemblages present in the archaeological site El Vergel considering the current diatom assemblages diatoms, pottery analisis, geochemical analisis, palynological analisis and soil descriptions reported for the area.

Intrasite and extrasite environment temporal variations realted to water bodies provided relevant information with regard to the use of the hidraulic structures and its relation with risk and vulnerability economic conditions of the inhabitants settled in the middle basin on río León in prehispanic times.

*Keywords:* Complex adaptative system, risk and vulnerability, hidraulic structures, paleohidrology.

## Introducción

Las zonas bajas inundables han sido medios de gran potencial productivo y han sido habitados por poblaciones humanas desde hace milenios, los pueblos que han establecido actividades en estos espacios han desarrollado diversas estrategias resilientes cuya mayor expresión ha sido la construcción de estructuras hidráulicas, las cuales han tenido diversos usos. Es por esto que por medio de los análisis en la cuenca media del río León se busca conocer qué implicó esta estrategia adaptativa en términos económicos desde la relación compleja de las personas con su medio.

Este estudio se aborda desde una perspectiva contextual que abarca el complejo sistema de relaciones entre los seres humanos y los medios que habitan, yendo más allá de los estudios tradicionales de las materialidades derivadas del accionar humano e indagando por la forma en que los pueblos se han relacionado con el medio. Para ello, se han tenido en cuenta diversos factores ambientales y culturales que se retroalimentan y modifican según las condiciones derivadas de fenómenos naturales o de fenómenos antrópicos. Así pues, se considera que las acciones humanas en el pasado se inscriben de diversas formas en el paisaje y que esto tiene efectos en el ambiente y repercute tanto de forma positiva como negativa en el devenir de las sociedades.

Hasta el momento la falta de estudios de tipo limnológico en Colombia no ha permitido reconstruir los regímenes hidrológicos en sitios arqueológicos a partir de la evidencia de microalgas que son de gran valor para entender los sistemas de humedales, más aún en el Urabá antioqueño que presenta unas condiciones muy particulares, ya que este sistema de humedales es alimentado por los pulsos de inundación lateral consecuencia del desborde del río León y por los pulsos de inundación vertical derivados de la descarga de agua de los acuíferos subterráneos presentes en lo que actualmente se denomina como el eje bananero (Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo) y que influyen la zona de estudio.

Así pues, el presente trabajo se enmarca en el proyecto de investigación: paleoambientes y estructuras hidráulicas en la cuenca del río León: un estudio sobre estrategias adaptativas y desarrollos territoriales en el Urabá prehispánico. La zona de estudio comprende tres sitios: dos de ellos corresponden a dos estaciones de muestreo de perifiton y el otro es el sitio de la excavación arqueológica. La estación de muestreo de perifiton epilítico se obtuvo en un afloramiento de cantos

en el costado izquierdo en sentido sur - norte en el punto en donde se interceptan el río León y el puente de la carretera que conecta a los municipios de Chigorodó y Turbo (N:  $7^{\circ} 34.316'$  / O:  $76^{\circ} 42.683'$ ). El muestreo de perifiton epifítico se tomó de la macrófita más abundante presente en la Laguna El Congo ubicada en la hacienda el Congo, vereda La Leona, municipio de Turbo (N:  $7^{\circ} 35.349'$  / O:  $76^{\circ} 45.933'$ ). Por último, las muestras de diatomeas del sitio arqueológico El Vergel, se obtuvieron a partir de un núcleo de 60 cm extraído del relleno del canal del corte de excavación ubicado en los predios de la finca El Vergel, municipio de Turbo (N:  $7^{\circ} 36.951'$  / O:  $76^{\circ} 48.527'$ ).

A partir de las muestras obtenidas en campo, en este trabajo se hace una aproximación al régimen hidrológico de los cuerpos de agua del pasado que fluyeron por las estructuras hidráulicas de la cuenca media del río León, con el fin de indagar por el sistema adaptativo complejo (SAC) que incluyó: el agua, los seres humanos, la biota y el clima. A partir de estas relaciones se realiza un acercamiento a las retroalimentaciones derivadas de eventos insertados por los seres humanos y el medio abiótico que conforman el SAC y cómo, tales cambios impactaron en las condiciones de riesgo y vulnerabilidad económicas de las poblaciones en tanto implicaron reorganizaciones de los componentes del sistema que pudieron ser beneficiosos o perjudiciales tanto para las comunidades bióticas como para las poblaciones humanas.

Para realizar esta aproximación a las condiciones paleohidrológicas en el área de estudio, se recurrió a las diatomeas en la medida que son microalgas con alta sensibilidad ambiental que nos permiten conocer diversas características tanto físicas como químicas de los cuerpos de agua presentes en un lugar determinado en diversos momentos. Así mismo, los procesos tafonómicos que impactaron a las diatomeas en el sitio arqueológico El Vergel permiten establecer algunas de las condiciones de los procesos de formación de sitio.

Lo ignorados que han permanecido los estudios ambientales relacionados con diatomeas en el área de estudio, generó la necesidad que crear un inventario de estas micro algas presentes tanto en la columna de sedimentos, como en los cuerpos de agua actuales, para conocer las variaciones en los cuerpos de agua superficial a través del tiempo. Este inventarios es de gran importancia, ya que además de permitirnos conocer el comportamiento en el régimen hidrológico de tiempos pasados en la zona y su consecuente relación con las condiciones de riesgo y vulnerabilidad económicas de las poblaciones relacionados con estos, también nos permite ver de forma sincrónica la composición en un momento del año, de las microalgas presentes en los cuerpos de agua, lo cual

puede servir de insumo para futuros estudios que pretendan estudiar los cambios ambientales hidrológicos en la zona.

El desarrollo de este trabajo de grado puede agruparse en cinco secciones. En la primera se presentan el planteamiento de la problemática de investigación con todas las consideraciones que llevan a la realización de este trabajo; también se presenta la contextualización del área de estudio con sus particularidades geológicas, geomorfológicas, hidroclimáticas e hidrogeológicas. Se presentan los antecedentes arqueológicos de la zona, la justificación, el objetivo general y los objetivos específicos y el marco conceptual. En la segunda sección se presenta a metodología en la que se indica por qué es importante integrar las diatomeas a los estudios arqueológicos, qué tipo de información aportan las diatomeas, el procedimiento de campo y el laboratorio. En la tercera sección se presentan los resultados obtenidos de las dos estaciones de muestreo de los cuerpos de agua actuales y los resultados de la excavación arqueológica del sitio El Vergel. En la cuarta sección se realiza una discusión de los resultados paleoecológicos de las diatomeas en el contexto arqueológico y su relación con los cuerpos de agua actuales, así como una discusión que integra los datos paleoecológicos de las diatomeas con datos ya disponibles como análisis sedimentológicos, geoquímicos y cerámicos; seguido de algunas consideraciones finales derivadas de los datos aportados a lo largo de la investigación. Por último, se presenta un inventario con los taxones de diatomeas encontrados tanto para la secuencia arqueológica del sitio El Vergel como para las estaciones de muestreo del río León y de la laguna El Congo.

## 1 Planteamiento del problema

Dentro de los hábitats naturales que los seres humanos han ocupado milenariamente, se encuentran las tierras bajas inundables o las llanuras de desborde que han sido ampliamente estudiadas en América por sus colosales obras hidráulicas de origen antrópico (Denevan, 1970; Dolmatoff, 1997; Erickson, 1988; Flórez 2018; Lombardo et al., 2011; Plazas & Falchetti, 1981; Posada et al., 2019; Rojas & Montejo 2015; Rostain, 2017; Walker, 2000). Estos hábitats evidencian una alta complejidad ecosistémica en la medida en que no solo confluyen en ellos diversos componentes naturales, sino también, la acción humana a diversas escalas (temporales y espaciales) y con diversas estrategias de intervención. En muchos de estos contextos, las hipótesis reinantes parten de la funcionalidad agrícola de las modificaciones geomorfológicas, focalizando la intención de mejorar la productividad de los suelos y hacer posible el cultivo de plantas comestibles que naturalmente no se producen en estos hábitats. En el caso específico de Colombia, los estudios realizados en las llanuras inundables del Caribe plantean no solo las relaciones entre las estructuras hidráulicas y la agricultura sino que van más allá, derivando en planteamientos clásicos sobre la tecnología agrícola y la complejidad sociopolítica (Plazas & Falchetti, 1981), en la relación entre configuración espacial de las estructuras y la organización social (Rojas & Montejo, 2015) o en la idea de los desarrollos hidráulicos como formas de adaptación humana a los ecosistemas inundables (Plazas et al., 1988), reconociéndolos en todo caso como alternativas de drenaje y fertilización del suelo.

En este contexto de las discusiones sobre las evidencias arqueológicas, Posada et al. (2019) reportan un sistema hidráulico novedoso en la región del golfo de Urabá (noroccidente de Colombia) que carece de información suficiente para interpretar el rol de dicho desarrollo en una de las regiones más húmedas del planeta y geopolíticamente más estratégicas (Parsons, 1996). En este caso, una vez más, aflora la cuestión sobre el funcionamiento de las estructuras como estrategias para la producción agrícola y el drenaje del agua, sobre todo, considerando la diversidad de patrones registrados asociados con estilos cerámicos cercanos a la región Andina. Sin embargo, inquietan las causas de su origen y desaparición sin que los escasos datos paleoambientales, etnohistóricos y arqueológicos disponibles ofrezcan alguna pista sobre ello. ¿Acaso aparecieron

alternativas más eficientes para la subsistencia de aquellos grupos? O ¿se trataba de una estrategia solo para el manejo de las aguas de inundación en épocas de integración cultural?

Al parecer, ninguna de las investigaciones hechas en Colombia ha indagado profundamente el medio inundable más allá de las posibilidades del medio agrícola. Salvo quizá por los comentarios de Reichel-Dolmatoff (1997) acerca de la multifuncionalidad de las estructuras hidráulicas y del trabajo reciente de Flórez (2018) en el bajo río San Jorge, es muy poco lo que se ha estudiado el humedal desde el punto de vista de una fuente variada de recursos, en donde posiblemente la agricultura sea una actividad marginal en un escenario donde predomina el agua y otros recursos asociados a ella (algas, plantas acuáticas, peces, moluscos, anfibios, crustáceos, etc.).

Esta situación es cada vez más plausible cuando se investiga no sólo en fuentes secundarias sino en el ejercicio etnográfico y en las experiencias cotidianas de los habitantes actuales de los ecosistemas inundables:

Al hablar con don José Vargas y preguntarle por cuál era la forma de economía dominante que se practicaba en la zona, él mencionó que era la pesca. En época de lluvias altas se pesca en los humedales cerca de la casa y en época seca se desplazan a lo que denominó: humedales 1, 2 y 3, los números fueron asignados dependiendo de la lejanía (Fragmento diario de campo Sergio González, 2021).

Visto así, el ecosistema inundable, otrora considerado por algunos científicos como un ambiente difícil para el desarrollo de grupos humanos, ofrece múltiples alternativas de subsistencia que reducen los riesgos económicos y sociales asociados a la escasez de cultígenos y a la dependencia de productos agrícolas.

En el caso de los humedales del río León en la región de Urabá, el hallazgo reciente de las estructuras hidráulicas precolombinas reportadas por Posada et al. (2019) se ajustan bien a estos planteamientos. Allí, la agricultura parece haberse practicado de manera restringida o complementaria teniendo en cuenta la vocación pesquera que históricamente se registra en la región y las dificultades técnicas que exige el ambiente para la agricultura en la cuenca del río León<sup>1</sup>. Esta

---

<sup>1</sup> Aunque algunas personas cultivan maíz en verano y arroz en invierno (...) no siembran mucho porque el agua daña las plantas. Se pone como ejemplo de ello a las matas de plátano las cuales dan su primer racimo, pero luego se dañan

hipótesis se sustenta en varias situaciones: la primera es que gran parte de las estructuras arqueológicas allí registradas son de perfil plano (*sensu* Denevan, 1970) y no se advierten elevaciones en el micro-relieve que puedan asociarse con la intención de mantener drenado el cultivo tal y como lo plantean Lombardo et al. (2011)<sup>2</sup>. La segunda, es que las texturas del suelo en la planicie inundable son bastante arcillosas (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2007), cosa que reduce las condiciones de porosidad y de permeabilidad del suelo para el cultivo de plantas como el maíz o el fríjol. La tercera es que, a diferencia de otros humedales del país, los humedales del río León están fuertemente influenciados por los acuíferos que naturalmente durante la mayor parte del año mantienen la zona inundada, independientemente de los escurrimientos superficiales y del desbordamiento del río. Y la cuarta es que las condiciones de humedad registran excesos durante las tres cuartas partes del año (IGAC, 2007), aspecto que aunado a una alfarería muy simple reduce las posibilidades de conservación de las semillas en cultígenos que carecen de reproducción vegetativa como el maíz<sup>3</sup>.

Ahora bien, si la agricultura es marginal y en su lugar la diversidad y complejidad de los ecosistemas inundables se presentan como una garantía económica para la reproducción social, el control de sus ciclos productivos o de su distribución espacial podría extender la disponibilidad de recursos para reducir la vulnerabilidad y el riesgo de las sociedades que no dependen de la agricultura.

Con el fin de estudiar esta hipótesis se consideran los siguientes aspectos con relación a la complejidad del ecosistema y su relación con los procesos culturales del río León:

1. El río y su llanura inundable conforman un sistema que se articula lateralmente a través del pulso de inundación, lo cual permite la recirculación de nutrientes en la llanura inundable y la renovación de la biomasa animal riverense.

---

o se caen debido a la alta concentración de agua en los suelos. Entrevista a don José (fragmento de diario de campo, Sergio González, 2021).

<sup>2</sup> Según Lombardo et al. (2011) Este tipo de estructuras no estaban hechas para la agricultura, sino para el control de las inundaciones.

<sup>3</sup> Si las poblaciones no tenían la forma de guardar bien sus semillas, estas se dañarían. Una opción sería que la población sembrara mediante esquejes (con tallos como la yuca). No obstante, se tiene en cuenta que, si la cerámica no está bruñida, es porosa y, por tanto, no aislaría la humedad, evitando así la conservación de las semillas.

2. El clima y/o la acción humana, pueden alterar los tiempos de inundación o de sequía y las condiciones físico-químicas de los cuerpos de agua, derivando en afectaciones al proceso productivo y ciclos de vida de las plantas y animales (Montoya et al., 2011; Junk et al., 1989).
3. Se entiende que los regímenes de inundación son de vital importancia para el aprovechamiento humano de estos espacios en la media en que, para el caso de las plantas, el estrés hídrico por inundación se observa como un factor limitante en cultivos como el maíz y el frijol, pues la anegación de los suelos que disminuye la cantidad de oxígeno presente lleva a condiciones de hipoxia y a la concentración de etileno en las raíces dificultando la absorción de nutrientes (Jiménez et al., 2012; Pardos, 2004; Sandoval, 2017).

En contraste con lo anterior, el concepto de punto de marchitez permanente del suelo (PMP) resulta útil para evaluar los períodos en que el contenido de humedad del suelo disminuye hasta causar el marchitamiento de las plantas (Cabrera, 1999). Dicho fenómeno se asocia con la reducción de los pulsos de inundación que pueden darse por construcciones humanas o drenajes y que a futuro derivarían, como se ha evidenciado en grupos humanos actuales, en una migración a causa de la falta de recursos que generan tales alteraciones (Montoya et al., 2011). De esta forma se puede observar que tanto la saturación como la falta de agua pueden afectar la dinámica productiva de los sistemas río-llanura inundable, aumentando el riesgo y la vulnerabilidad tanto en plantas y animales como en las poblaciones humanas. En este sentido, vale la pena preguntarse ¿Qué cambios en las características del agua pueden tener relación con los cambios en las condiciones de riesgo y vulnerabilidad económica para las poblaciones prehispánicas del río León?

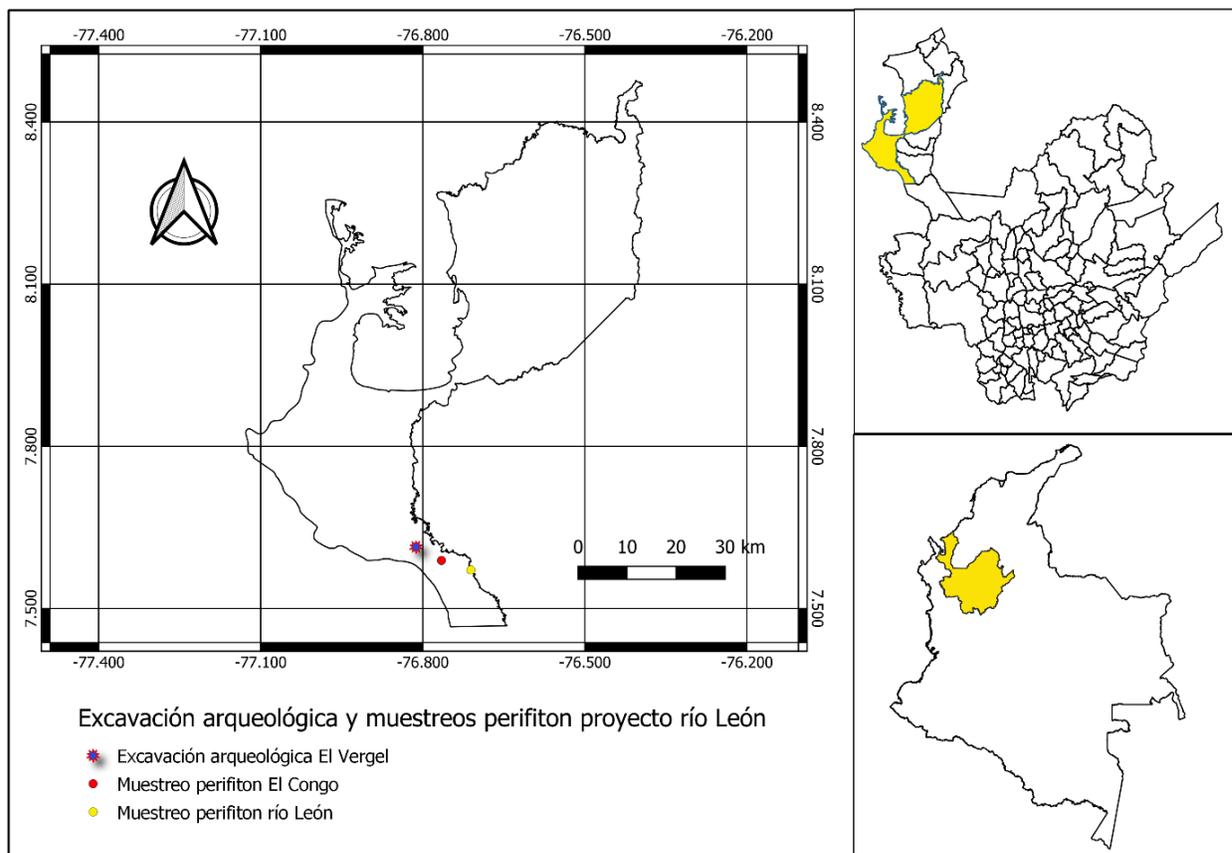
Con miras a resolver esta pregunta en el contexto de las hipótesis y observaciones planteadas, el presente trabajo busca estudiar las interacciones culturales, biológicas y físicas del humedal en el que tiene lugar el sitio arqueológico El Vergel durante tiempos prehispánicos, enfatizando en la dinámica productiva del agua y el aprovechamiento de plantas, peces y otros recursos desde la perspectiva del riesgo y la vulnerabilidad económica. Para ello se propone usar a las diatomeas, las cuales representan el ensamble fitoplanctónico del pasado, como indicadores de cambios en el agua, en el sistema ecológico y en la exposición al riesgo.

## 2 Área de estudio

El área de estudio se localiza en la cuenca media del río León en los corregimientos de Barranquillita en jurisdicción del municipio de Chigorodó y las veredas La Leona y Lomas Aisladas en jurisdicción del municipio de Turbo. Según los datos aportados por posada (2022), en cuyo proyecto se enmarca el presente trabajo, el área de estudio presenta modificaciones antrópicas del paisaje en términos de construcción de montículos, plataformas, canales y camellones que abarca un área de aproximadamente 137.695 Ha., localizadas en la llanura de inundación del río León, en la cuenca media alta del río Suriquí y en la cuenca media del río Tumaradocito en el departamento del Chocó.

### Figura 1

*Mapa ubicación excavación arqueológica y muestreos de perifiton proyecto río León*



*Nota.* Elaboración propia.

## 2.1 Geología y geomorfología

La planicie aluvial del río León está formada por limos, arcillas, arenas limosas, arenas finas y arenas en sus capas superficiales extendiéndose hasta las capas más profundas. Los sedimentos de los abanicos aluviales del pie de monte de Apartadó presentan materiales constituyentes similares a los de la planicie aluvial del río León. La unidad de terrazas bajas de Guadualito, presenta materiales finos cerca de la superficie y gruesos hacia el fondo de la secuencia. El complejo costanero de Urabá está conformado por mantos lenticulares de origen fluvial deltaico con intercalaciones de sedimentos litorales. Las colinas bajas de la serranía de Abibe, están formadas por rocas sedimentarias del terciario compuestas por arcillolitas, areniscas y conglomerados (Muñoz & Rodríguez, 1992).

## 2.2 Hidrogeología

Los terrenos de la zona bananera de Urabá se componen de sedimentos aluvio-deltaicos y aluviales del cuaternario y por rocas sedimentarias del terciario superior. Los depósitos de origen aluvial<sup>4</sup> han sido transportados por la corriente del río León y por los tributarios que drenan la vertiente occidental de la serranía de Abibe, entre los que se encuentran los ríos: Chigorodó, Carepa, Apartadó, Grande, Currulao y Guadualito (Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá [CORPOURABA], 2008, citado en Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2013). Capas de arenisca en matriz arcillosa interestratificadas con lentes de conglomerado y lodolitas, agrupan las formaciones: La Risa, Ciénaga de Oro, Floresanto y Tubará. Por otro lado, la formación Carpa está constituida por intercalaciones de lodolitas, areniscas y conglomerados que han facilitado la formación de acuíferos de tipo libre en las unidades

---

<sup>4</sup> Conformados por gravas, arenas, limos y arcillas y cubiertos superficialmente por sedimentos limosos.

de terrazas y llanura aluvial y semiconfinados a confinados en las unidades de importancia geológica muy pequeña a nula<sup>5</sup>. (IDEAM, 2013).

El sistema hidrogeológico del Urabá es un acuífero multicapa, constituido por capas alternadas permeables, semipermeables e impermeables, con predominancia de material arcilloso con capacidad de permitir el flujo de agua. Tiene una extensión de 1.206.000 Ha., limita al oriente con la serranía de Abibe, al norte con el litoral del mar Caribe, al occidente con el golfo de Urabá y al sur con el río León. El área de recarga del acuífero confinado del golfo de Urabá se localiza en el pie de monte de la serranía de Abibe entre los 50 y 200 msnm. La oferta de agua subterránea asciende a 29.103.905 m<sup>3</sup>/año (CORPOURABA, 2020). En el eje bananero se registra un acuífero libre de extensión local y un acuífero multicapa confinado del que las fincas productoras de banano captan el agua por medio de pozos profundos (CORPOURABA & Universidad de Antioquia, 2013, citado en Betancur et al., 2017). En la zona se encuentran aprox. 550 pozos activos destinados en su mayoría a satisfacer la demanda de agua en los cultivos de banano y aproximadamente a 30 comunidades urbanas y rurales (IDEAM, 2013; Villegas et al., 2013). Los estudios de hidrogeoquímica de las aguas provenientes de depósitos cuaternarios en la formación Carpa presenta mayor proporción del ion HCO<sup>-3</sup>, en algunos casos de Cl<sup>-</sup> y cationes de Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> y Na<sup>+</sup>. (Ingeominas, 1995, citado por IDEAM, 2013; Villegas et al., 2013). La distribución de estos iones en el agua subterránea tiende a aumentar en sentido sur - norte en el área entre Turbo y Apartadó. El agua subterránea de mejor calidad en términos de potabilidad, se encuentran en los aljibes y pozos ubicados en alrededores de Barranquillita (IDEAM, 2013; Muñoz & Rodríguez, 1992).

Hacia el norte de Turbo los acuíferos presentan mucho material fino, lo que disminuye la eficiencia de los mismos, además de que la calidad del agua se ve afectada por las intrusiones salinas y la influencia de la sedimentación marina en antiguos manglares, caños, lagunas etc., donde se forman acumulaciones de turba que al descomponerse emiten emanaciones gaseosas y ácidos orgánicos. Así mismo, para las aguas de los acuíferos del norte de Urabá, se reporta alto contenido de Fe, dureza cálcico-magnésica alta y alcalinidad alta (Muñoz & Rodríguez, 1992).

---

<sup>5</sup> Unidades compuestas por capas de arenisca en matriz arcillosa interestratificadas con lentes de conglomerado y arenisca. Intercalaciones de lodolita y arenisca en matriz arcillosa, areniscas y conglomerados con intercalaciones delgadas de arcillas y limolitas, intercalaciones de lodolitas y conglomerados en matriz arenosa.

La mayor conductividad del acuífero se encuentra en la zona sur (municipio de Chigorodó con máximos de hasta 150 L/s) disminuyendo hacia la zona norte (municipio de Turbo con máximos de 40L/s). (CORPOURABA, 2008, citado en IDEAM, 2013). El calcio y magnesio en las aguas subterráneas, las caracterizan como aguas semiduras a duras. Se propone que el aumento de cloruros y contaminación con agua salobre en los pozos estudiados, puede ser consecuencia del sobrebombeo que debió ocasionar la transgresión de la cuña de agua marina (Rodríguez & Vásquez, 1997).

### 2.3 Particularidades hidroclimáticas

La región de Urabá se clasifica como Bosque húmedo tropical con una temperatura media de 28°C y una humedad relativa de aproximadamente el 85%, de lo que se deriva un clima cálido semihúmedo, con una época lluviosa y una época seca por año. El periodo de lluvias comienza a mediados de marzo y tiende a prolongarse hasta los primeros días de diciembre, mientras que la estación seca se inicia en diciembre y se prolonga hasta el mes de marzo. En la temporada seca dominan los vientos alisios del nordeste provenientes del mar Caribe, mientras que el resto del año coincide con los vientos alisios del sudoeste (IDEAM, 2013; Muñoz & Rodríguez, 1992; Universidad de Medellín, 2012).

La posición geográfica de Colombia sobre la zona ecuatorial en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)<sup>6</sup> la expone a la influencia de las corrientes de aire cálido y húmedo de los vientos alisios del noreste y sureste, favoreciendo el desarrollo de nubosidad y de lluvias que impactan el área de estudio. Hacia el litoral de Urabá se registran precipitaciones anuales totales entre 1500 - 2500 mm y en la zona bananera el promedio es de 2400 mm/año. Las regiones del Bajo Nechí y Urabá registran los valores de evapotranspiración más bajos de la región Caribe con valores entre 1200 y 1400 mm al año, mientras que en Turbo la precipitación es aproximadamente

---

<sup>6</sup> La zona de confluencia intertropical se mueve latitudinalmente siguiendo el movimiento del sol con respecto a la tierra (IDEAM, 2013)

de 2000 mm/año y en Mutatá y Villarraga se registra la máxima precipitación con 4000 mm/año (IDEAM, 2001, 2013).

El río León es el cuerpo de agua lótico más importante en el área de estudio con un caudal medio multianual de 71.6 m<sup>3</sup>/s y un transporte de sedimentos de 2.22 kilotoneladas/día (810.000 toneladas al año) (IDEAM, 2001). Este río nace en los cerros de Pavarandocito en la serranía de Abibe a 1200 msnm, tiene una longitud de 160.2 km y su cuenca presenta un área total de 2250 km<sup>2</sup> hasta su desembocadura en Bahía Colombia. El tramo inicial de montaña del río León (12.2 km) es encañonado entre pendientes moderadas, mientras en el pie de monte (9.6 km) tiende a ser trezado con pocos brazos, este comportamiento se debe a la pérdida de velocidad y los sedimentos de mayor tamaño quedan depositados allí. Luego de este tramo, y hasta su desembocadura, el río León presenta una morfología sinuosa dentro de la llanura de inundación (IDEAM, 2001). Entre sus afluentes más importantes se encuentran los ríos: Chigorodó, Carepa, El Zungo, Apartadó y el río Grande, todos en la margen oriental de la cuenca desde la Serranía de Abibe. Por el occidente, la cuenca del río León Conecta con el río Atrato y el río Suriquí por medio de caños y complejos de ciénagas y humedales. (Universidad de Medellín, 2012)

Aguas abajo entre el corregimiento de Barranquillita y el caño Malagón se presenta la difluencia de este río hacia el caño Tumaradó<sup>7</sup>, el aporte de aguas hacia el caño aumentó hacia la década de los 80 del siglo pasado debido a la ampliación de su cuenca hídrica por parte de la compañía de Maderas Darién para transporte de maderas. En temporada seca, cuando el río León presenta sus niveles de caudal más bajos, la desviación de aguas hacia el caño Tumaradó es de un 78%, esto es, antes de la difluencia hacia el caño el río León presenta un caudal de 71.6 m<sup>3</sup>/s, y después de la difluencia el caudal del río es de 14.6m<sup>3</sup>/s. (IDEAM, 2001).

## 2.4 Humedales

La planicie del río León hace parte de un extenso humedal que se relaciona estrechamente con las características hidrológicas de la zona tanto de aguas subterráneas como superficiales. De

---

<sup>7</sup> A su vez, el caño Tumaradó (con una longitud de 25.8 km) se une a la ciénaga de Tumaradó perteneciente al sistema deltaico del río Atrato.

los humedales se reconoce su potencial hidrológico, biológico, cultural y paisajístico y por tanto toma importancia como servicio ecosistémico<sup>8</sup> para los seres humanos (Betancur et al., 2017). Los humedales de la llanura de inundación del río León se reconocen como el área de descarga de las aguas subterráneas del eje bananero al igual que de los ríos que tienen influencia en él. Debido al aporte de Fósforo y Nitrógeno derivados de la materia orgánica y fertilizantes, este complejo presenta un estado eutrófico (Universidad de Medellín & CORPOURABA, 2014 citados en Betancur et al., 2017).

Siguiendo lo propuesto por la convención Ramsar de 1971, un humedal es una:

Extensión de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros. (Roldán & Ramírez, 2008, p. 41)

Los humedales presentan dos características principales: 1. Suelos anaeróbicos debido a que el oxígeno disuelto en suelos anegados se agota rápidamente por la acción de los microorganismos y, 2. Presenta diversos tipos de macrófitas encargadas de parte importante de la productividad primaria de tales zonas. La condición de anoxia se da en el suelo siempre que el agua esté estancada y no se renueve, lo que es el caso de suelos arcillosos con mal drenaje interno, por el contrario, en los suelos por los que fluyen aguas de escorrentía o fluviales hay circulación de oxígeno y no se da el proceso de hidromorfismo. (Universidad de Medellín, 2012).

Además de lo anterior, para que un espacio delimitado se considere como humedal debe de cumplir con tres características: 1. Presentar vegetación hidrófila (es una característica la ausencia de vegetación intolerante a la inundación), 2. Presentar suelos hídricos o hidromórficos (desarrollados en condiciones de alta humedad, con drenaje poco óptimo)<sup>9</sup>, que presentan diferencias con las zonas adyacentes más altas 3. Deben presentar una condición de saturación hídrica, la cual es determinada por la influencia climática, esto implica un suelo hídrico que

---

<sup>8</sup> El servicio ecosistémico refiere a “(...) los beneficios que las poblaciones humanas derivan directa o indirectamente de las funciones de los ecosistemas” (Constanza et al. 1997, Citada en Betancur et al. 2017).

<sup>9</sup> Lo que induce a la presencia de rasgos redoximórficos en el perfil cuya génesis está en la reducción y oxidación del Hierro y el Manganeseo (Universidad de Medellín, 2012)

permanezca saturado o cubierto con agua, por lo menos, durante la temporada lluviosa de cada año (Bravo & Windeboxhel, 1997, citados en Roldán & Ramírez, 2008; Universidad de Medellín, 2012).

A pesar de que los humedales son fuentes importantes de Metano (un gas 20 veces más potente que el CO<sub>2</sub> para el proceso de efecto invernadero), estos ecosistemas cumplen importantes funciones ecológicas: regulación del ciclo hídrico superficial y de acuíferos, retención de sedimentos, control de erosión y estabilización microclimática, también intervienen en funciones químicas de regulación de nutrientes (retención, filtración, liberación), descomposición de la biomasa terrestre y retención de CO<sub>2</sub>. Aportan al mejoramiento de la calidad del agua al ser sumideros de Fósforo y Nitrógeno y al retener sedimentos tóxicos; cumplen funciones sociales, ya que son productores de recursos hidrobiológicos que sirven de soporte a actividades económicas humanas<sup>10</sup>. También cumplen funciones de recarga y descarga de acuíferos, control de flujo, estabilización de la línea costera, protección contra tormentas, transporte acuático, soporte de cadenas tróficas, hábitats para vida silvestre, recreación activa (Roldán & Ramírez, 2008).

La relación entre los procesos hidrológicos de los cuerpos de agua superficial y los cuerpos de agua subterránea son los que evidencian la complejidad del sistema de humedales – acuíferos - río en la zona de estudio. El estudio de la Universidad de Medellín (2012) encontró un impacto antrópico en el humedal que ha alterado su funcionamiento. De acuerdo con lo anterior se encuentra que: la extracción maderera, la expansión de la frontera agrícola y ganadera por medio de la tala y del manejo hidráulico de la planicie para evitar la inundación, inducir el drenaje y desecación de áreas inundadas, ha derivado en consecuencias físico-químicas y ecológicas tales como: alteración del ciclo de los nutrientes en la cuenca, alteración de la frecuencia e intensidad del pulso hídrico, inhabilitación de la red natural de drenaje, contaminación de los cuerpos de agua, disminución considerable de la ictiofauna, interferencias con las migraciones de peces e inhabilitación de sus hábitats, disminución acelerada de los humedales, aislamiento y extinción de poblaciones de flora y fauna terrestre, fragmentación de hábitats terrestres; lo que ha redundado en consecuencias socio-económicas como: reducción de los recursos pesqueros, disminución de la fauna aprovechable, limitaciones en la navegabilidad (Universidad de Medellín, 2012).

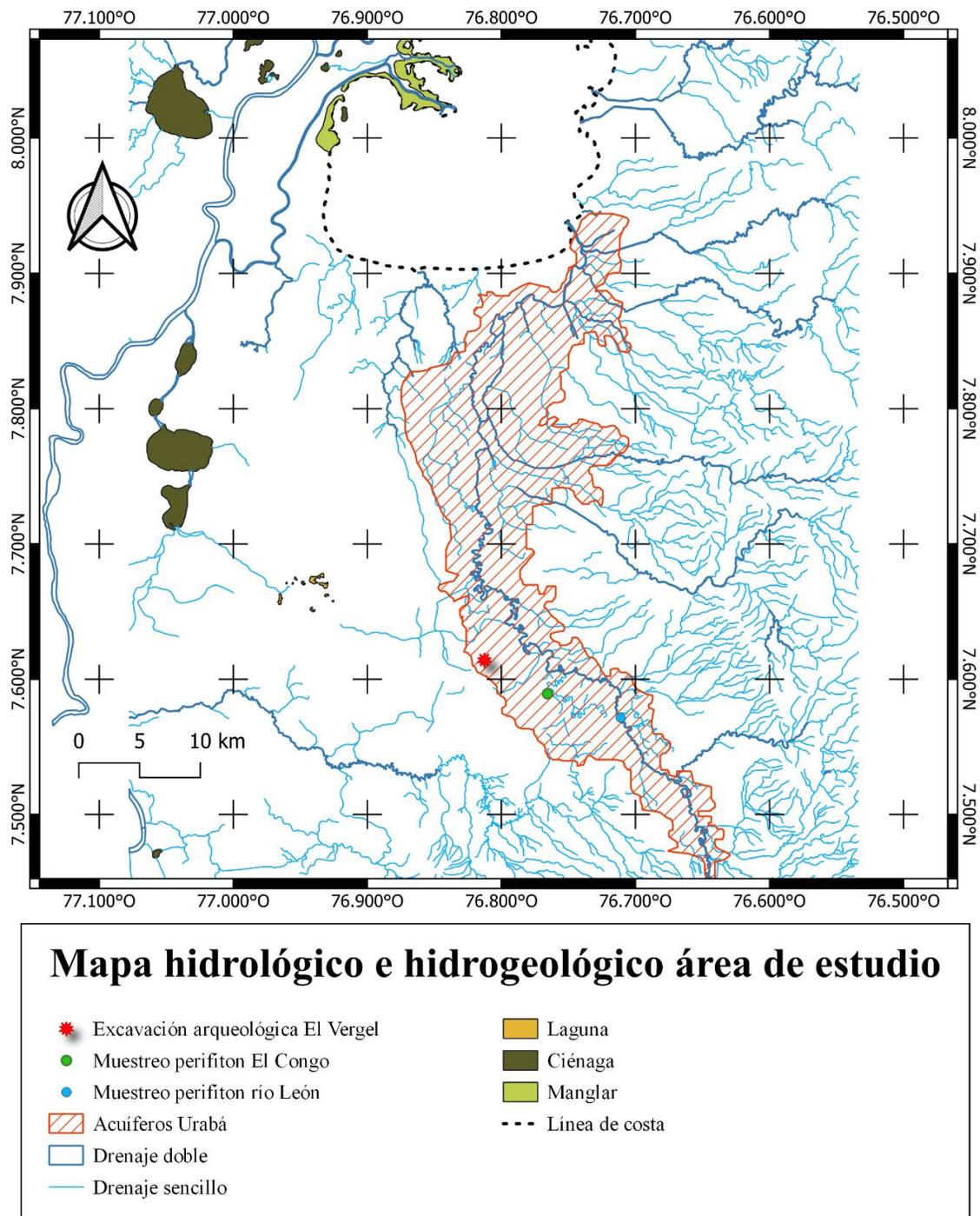
---

<sup>10</sup> Tales como: acuicultura, pesca, caza, recolección, pastoreo, agricultura.

## 2.5 Suelos

De acuerdo con las condiciones del Humedal se establecen dos tipos de suelos predominantes en el área de estudio. La consociación Fluvaquentic, Eutrudepts, Familia esquelética franca mezclada, isohipertérmica, localizada entre los municipios de Chigorodó y Carepa en el abanico aluvial del pie de monte de la serranía de Abibe. Este suelo presenta reacción fuertemente ácida, con carbono inorgánico medio en la capa superficial y baja en profundidad. Capacidad de intercambio catiónico media, saturación de bases altas y fertilidad natural baja. Estos suelos han evolucionado a partir de sedimentos aluviales gruesos y medios, moderadamente drenados, moderadamente profundos, limitados en la profundidad por presencia de gravillas y por fluctuaciones del nivel freático. La fertilidad natural es baja y la reacción del suelo es fuertemente ácida (IGAC, 2007).

La consociación Typic udifluvents, Familia franca gruesa, Mezclada, isohipertérmica, se localiza en el municipio de Apartadó. La reacción es fuertemente ácida, la capacidad de intercambio catiónica media, el contenido de fósforo medio a alto, y la fertilidad moderada. Los suelos tienen una densidad aparente media a alta, porosidad total alta, retención de humedad media; la velocidad de infiltración es moderada a lenta y presentan macroporosidad baja a media. Estos suelos evolucionaron a partir de sedimentos aluviales gruesos, son profundos, moderadamente drenados a bien drenados, de texturas gruesas, con reacción fuertemente ácida y fertilidad natural moderada (IGAC, 2007).

**Figura 2***Mapa hidrológico e hidrogeológico área de estudio proyecto Río León**Nota.* Elaboración propia.

### 3 Antecedentes

#### 3.1 Antecedentes arqueológicos y paleoambientales cuenca río Sucio

El Noroccidente antioqueño ha contado con diversas investigaciones arqueológicas en varios de sus municipios, no obstante, tales investigaciones no han profundizado en la relación entre los seres humanos y la paleoecología de las zonas estudiadas, salvo por el estudio de Aceituno et al. (2021), Parra y Posada (2010) y Piazzini et al. (2009) que se mencionarán más adelante. Para este trabajo solo se abordarán los estudios cercanos a la cuenca del río León. Así pues, entre las primeras investigaciones en el área de influencia de las cuencas del río León y de río Sucio se encuentra la de Castillo (1988) que retoma su propuesta de 1986 de la tradición cerámica “inciso con borde doblado” dentro de lo que denominó el Complejo Noroccidental cuya distribución abarca:

Desde la ciénaga de Tumaradó en el Bajo Atrato, siguiendo la cuenca del río Sucio, en los municipios de Chigorodó, Mutatá y Dabeiba, Urama, cañas Gordas, Giraldo y en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental sobre el río Cauca en Buriticá, Peque, Santa Fé de Antioquia y Sopetrán (...). (Castillo, 1988, p. 19)

Se propusieron dos periodos de acuerdo con las secuencias estratigráficas, el primero entre los siglos VI – VII d.C. asociado a una cerámica “roja Incisa” a la cual luego denomina “Marrón Inciso”, este primer periodo se relaciona con el cultivo de raíces. El segundo período se relaciona con la cerámica “Inciso con Borde Doblado” con una temporalidad del siglo X al siglo XVI d.C, este período se asocia con un patrón de tumbas de pozo con cámara lateral ubicado en las cimas de las colinas, con el cultivo de maíz, la explotación de sal, la cual, aunado a la explotación de oro, caza y pesca, se considera que generaron redes de comercio e intercambio (Castillo, 1988). Los dos periodos mencionados anteriormente se relacionan con un pulso frío que se estimó tuvo una duración entre el 1700 - 900 cal. A.P. y que interrumpió unas condiciones secas que se dieron desde el 2800 - 500 cal. A.P (Muñoz et al., 2017).

En 2015, Ordoñez realizó un diagnóstico arqueológico donde buscó identificar contextos arqueológicos en la Vereda Chontadural en el municipio de Mutatá y relacionarlos con etapas y

complejos de investigaciones precedentes. De acuerdo con la cerámica extraída de un hipogeo se pudo determinar su pertenencia a las vasijas típicas de la tradición Inciso con Borde Doblado referenciadas por Arcila (1953) y Castillo (1988 a y b). Con base en los datos disponibles se corroboró la existencia de un complejo de hipogeos en el Noroccidente de Antioquia asociado a la tradición Incisa con Borde Doblado, al igual que se corroboró lo propuesto por ambos investigadores al definir una zona amplia que va desde la ciénaga de Tumaradó, Medio Atrato, sabanas de Chigorodó y Carepa, Mutatá, Dabeiba, Cañas Gordas, Buriticá, Santa Fé de Antioquia, Sopetrán y Sabanalarga.

Piazzini (2004) desde un proyecto de arqueología preventiva con influencia en los municipios de Frontino, Abriaquí y Cañas Gordas ubicó 49 sitios con evidencia arqueológica de cultivos de plantas y de explotación aurífera en depósitos aluviales. Propuso tres periodos para la época precolombina. El primero del siglo X - I a.C., el segundo periodo entre los siglos I - VIII d.C., el tercer periodo se ubica entre el siglo IX – XVI. La iconografía de la cerámica se relaciona con los motivos de la alfarería del Occidente colombiano en Antioquia, Sinú y Chocó, lo que lo llevó a proponer relaciones de interacción entre las poblaciones de la cuenca alta del río Sucio y las regiones del Cauca Medio, el Atrato y el Sinú. Destaca que las provincias de Guaca, Nore y Buriticá sostenían relaciones comerciales con regiones como el Sinú y el Darién cambiando oro por pescado y carne.

El estudio mencionado arriba fue complementado por un trabajo posterior en el que Piazzini y Escobar (2014), identificaron cinco períodos de ocupaciones humanas para los municipios de Urrao y Frontino: El periodo 1 con una temporalidad de 8350 - 3000 A.P. se asocia a utensilios para procesar alimentos. De ahí, sugieren que estas sociedades en vez de ser itinerantes, desarrollaron algunas relaciones duraderas y estables con ciertos tipos de entornos. Este período se relaciona con varios cambios ambientales, ya que entre el 9700 y el 6900 cal. A.P (máximo térmico del Holoceno) hubo un clima cálido relacionado con el inicio y buena parte de la ocupación humana para este primer periodo, no obstante, esta época tuvo una interrupción por un intervalo frío hacia el 8000 cal. A.P el cual a su vez fue sucedido por una fuerte sequía entre el 7700 - 7500 cal. A.P. Posteriormente entre 7500-4200 cal. A.P se registraron los valores más altos de humedad y precipitación en el holoceno con varios picos durante este lapso. En el intervalo 4000 - 2400 cal.

A.P la precipitación presentó un rápido deceso alcanzando su mínimo entre 2800 - 2400 cal. A.P. (Muñoz et al., 2017).

El periodo 2 entre 3000 - 2000 A.P., presenta un aumento demográfico asociado a comunidades agro-alfareras y túmulos funerarios. Para este período se reporta un descenso en las precipitaciones alcanzando su mínimo entre el 2800 – 2400 cal. A.P. (Muñoz et al., 2017). En el periodo 3 entre 2000 - 1200 A.P., en Frontino se observa una reducción demográfica. Las semillas carbonizadas, las piedras y manos de moler indican la existencia de cultivos y el procesamiento de sustancias vegetales. El periodo 4 entre 1200 - 400 A.P. registra un aumento demográfico significativo y el establecimiento de centros poblados mayores a los anteriores, se espera que en este periodo haya habido una intensificación de la agricultura. Ambos períodos se relacionan con un elevado aumento de la temperatura entre el 2400 - 500 cal. A.P. el cual es interrumpido por un pulso frío entre el 1700 - 900 cal. A.P. (Muñoz et al., 2017). Por último, en el periodo 5 entre 400 y 100 A.P., se dan las primeras expediciones españolas con un impacto negativo en la demografía y la desarticulación política, social y cultural de las comunidades locales, lo que se corresponde con las evidencias arqueológicas.

Para 2010, Posada y Parra realizaron un análisis paleoecológico en el que tomaron componentes microscópicos del suelo del contexto arqueológico UMP 31, un aterrazamiento ubicado en la cuenca media-alta del río Musinga, municipio de Frontino, Antioquia con el fin de conocer las relaciones entre las poblaciones humanas y el medio ambiente que habitaron.

De acuerdo con los pedocomponentes del sitio estudiado se observó que la llegada de los primeros seres humanos a estos sitios se relacionó con cambios en la vegetación y en las propiedades del suelo derivados de la apertura del bosque por tumba y quema. Esto estuvo sucedido por un aumento de biomasa vegetal arbórea asociado a la actividad humana. Luego se observó un descenso de tasas arbóreas y la proliferación de gramíneas indicando una apertura del bosque. En varios horizontes posteriores se identificaron interrupciones de la actividad antrópica asociadas a corrientes hidráulicas de diferentes magnitudes, observándose cambios en la vegetación, en el aumento de minerales y disminución de pedocomponentes orgánicos y microfósiles. los fitolitos y materia orgánica de UMP 31 revelaron la presencia de plantas útiles y comestibles. No obstante, por su baja representatividad se sugiere un bajo consumo de dichas plantas o su uso esporádico en aspectos distintos a la alimentación (Posada & Parra, 2010).

Se obtuvo una fecha de  $1780 \pm 70$  A.P. Para esa época se observó una predominancia de condiciones húmedas y frías que permite realizar una correlación positiva con el páramo de Frontino y que se relaciona con un fenómeno climático de gran escala tanto en Frontino, como en el Alto río San Jorge y en el río Amazonas (Posada & Parra, 2010). Esta época coincidió con el desarrollo de sociedades de organización sociopolítica compleja en donde la intensificación y diversificación de prácticas productivas pudieron haberse visto favorecidas por las condiciones de humedad del clima (Posada & Parra, 2010). Las condiciones climáticas identificadas por Posada y Parra (2010) para la época se corresponden con las condiciones frías planteadas por Muñoz et al. (2017).

Ampliando los estudios ya iniciados en el Occidente antioqueño por Piazzini, Aceituno et al. (2021) presentan un aporte al poblamiento temprano de Colombia en el norte de la Cordillera Occidental como región clave para el poblamiento del noroccidente de Suramérica. Con artefactos líticos que indican un poblamiento humano en la zona de 9410 cal. A.P., y la evidencia de plantas rizomatosas entre el 11200 y el 9500 cal. A.P., permitieron identificar el manejo y cultivo de plantas silvestres locales como mecanismo de adaptación de los grupos tempranos del área. La tecnología lítica se asoció con economías de amplio espectro y orígenes del cultivo de plantas. La pedogénesis en el suelo actual y enterrado fue dominada por procesos de melanización, humificación y bioturbación. Los principales factores responsables del origen y la transformación del contexto arqueológico fueron naturales y en menor medida, antrópicos. Este período de poblamiento temprano presentó variadas condiciones climáticas, ya que se relaciona con el inicio del Holoceno hacia 11410 - 10700 cal. A.P. un periodo que fue más cálido y seco que el periodo anterior relacionado con el Younger Dryas. Este fue sucedido por un episodio con unas condiciones más frías y secas entre el 10700 - 9700 cal. A.P. el cual, a su vez, fue interrumpido por uno más cálido en el intervalo de 9700 - 6900 cal. A.P. considerado el máximo térmico del Holoceno (Muñoz et al., 2017).

A partir de los análisis realizados se propone al río Atrato como conexión fluvial del Caribe y la Costa Pacífica con la Cordillera Occidental de los Andes. De acuerdo a los taxones de plantas identificados se refuerza la hipótesis de que la región Andina colombiana fue uno de los tres centros independientes de domesticación de plantas en Suramérica (Aceituno et al., 2021).

### 3.2 Antecedentes arqueológicos y paleoambientales región de Urabá

En lo que respecta a la región de Urabá, entre los reconocimientos pioneros está el trabajo de Sigvald Linné (1929) quien realizó una descripción de la zona desde el límite del área del Gran Coclé hasta la desembocadura del río Baudó. Se registró la abundancia de recursos, la posición estratégica de la región del Darién para conectar la costa Caribe de Suramérica y Centro América además de realizar una buena descripción de las materialidades arqueológicas y el poblamiento de la zona. Por otro lado, se tiene noticia de la expedición del rey Leopoldo de Bélgica a Santa María de la Antigua del Darién en 1956 (de la cual no se cuenta con información científica) y de la expedición de la Universidad de Santa María de la Antigua de Panamá en 1966 al mismo lugar (Sarcina, 2017). Luego Arcila (1953), reportó la excavación de una tumba en Mutatá y realizó una descripción cerámica formal y decorativa para la región<sup>11</sup>, que le permitió plantear relaciones entre Mutatá, el golfo de Urabá, el Alto Sinú y Dabeiba ampliándose hasta las serranías de Abibe y Darién. En consonancia con lo anterior, Alicia Uribe (1988) con base en la distribución geográfica de pectorales en espiral doble, propone que el municipio de San Pedro de Urabá evidencia en su orfebrería la cadena de relaciones e intercambios entre Colombia (área Quimbaya) y Centroamérica (Panamá y Costa Rica)<sup>12</sup>, lo que amplía el rango de relaciones propuesto por Arcila en (1953)<sup>13</sup>.

En investigaciones posteriores, Arcila (1955, 1956) realizó una descripción de la fundación de Santa María de la Antigua del Darién y presentó algunos datos demográficos junto con algunas anotaciones que pretendían ubicarla. El objetivo de Arcila, fue completado por Sarcina et al. (2016) cuyo trabajo discute los antecedentes históricos de la fundación de la ciudad, se ubica, se delimita el área que abarcó el asentamiento de Santa María de la Antigua del Darién y se establecen dos periodos étnicos, uno correspondiente al pueblo Cueva y uno a la ciudad fundada por Pedrarias Dávila. La tradición indígena la dividió en cuatro tipos: Burdo sin Engobe, Burdo con Engobe,

---

<sup>11</sup> Entre las descripciones formales y decorativas se encontraron: vasijas globulares de cuello ancho y evertido, incisión, pastillaje (estas técnicas decorativas presentan diversos motivos: líneas, puntos triángulos, rombos, entre otros).

<sup>12</sup> Los materiales se clasificaron en cuatro grupos que presentaron influencias de la cerámica del Golfo de Urabá, Quimbaya, de la costa antillana, pero también se observaron desarrollos locales.

<sup>13</sup> No obstante, Arcila (1953) ya advertía sobre los efectos que pudieron haber tenido las penetraciones de las poblaciones del Istmo sobre las poblaciones locales preexistentes en su área de estudio.

Liso sin Engobe, Liso con Engobe. Para complementar el registro de Sarcina et al. (Ibid) en cuanto a la cerámica de factura indígena, se puede sumar lo propuesto por Santos (1989), ya que menciona que los hallazgos cerámicos localizados en la margen occidental del golfo:

(...) corresponde en sus rasgos tecnológicos y estilísticos a la del complejo cultural definido para la margen oriental del golfo, aunque se observan algunas variaciones como la ausencia de desgrasante de tiesto molido, la ausencia de cerámica blanca y de algunas formas y motivos decorativos característicos de El Estorbo y de la margen oriental. (p. 43)

Por otra parte, la tradición europea la dividieron en cuatro tipos: Cerámica de Barro Temprana, Botijas o Peroleras, Vidriados y Mayólicas. Anterior al trabajo de Sarcina, Adriana Alzate (2006) realizó un detallado análisis de la cerámica europea hallada en Santa María de la Antigua del Darién. La autora realizó anotaciones sobre el origen sevillano de esa alfarería y sobre su producción y difusión por Italia, Francia y Holanda donde hubo innovaciones en las tecnologías, pasando de un oficio artesanal a uno preindustrial debido a la alta demanda de tales objetos en Tierra Firme. Menciona que esta cerámica responde a los rasgos de la cerámica producida en Sevilla. Entre los materiales registrados se encontró cerámica mayólica y no mayólica manufacturados entre 1490-1900, los tipos más recurrentes de dichos materiales fueron: Columbia Liso, Vidriado Verde, Vidriado Café Vrs Melado. Cerámica sin Vidriar, Botijas Peruleras sin Vidriar, Caparra Azul, Isabela Policromo, Sevilla Azul Sobre Blanco, Yayal Azul Sobre Blanco, Stone Ware, Azulejos y Cerámica de Contacto.

En 1980 el Grupo de Investigación de Arqueología y Prehistoria (GIAP) reportó los sitios El Estorbo I, El Estorbo II, El Estorbo III y el Estorbo IV en Urabá los cuales se describieron ampliamente y se establecieron cronologías y seriaciones que ubicaron estos sitios entre los siglos III a.C y V d.C. Estos contextos se relacionaron con actividades económicas como: caza, pesca, agricultura y desarrollos tecnológicos en industrias cerámica, lítica y ósea. Estos datos se complementan con lo planteado por Plazas et al. (1993) que registran épocas húmedas entre el 2300 – 2150 A.P. y entre el 2000 – 1500 A.P. En relación con los datos anteriormente mencionados, Vélez y Aguirre (2016), a partir de análisis químicos y de diatomeas, encontraron que hace 2600 AP se registra un retroceso de las aguas oceánicas que hasta ese entonces se encontraba 2-3 m por encima del nivel actual. A pesar de ello, para el costado noroccidental del Golfo de Urabá, la malacofauna indica una mayor influencia de aguas oceánicas entre 2845 - 1386 A.P.

Posteriormente, Gustavo Santos (1989) establece que el complejo cultural hallado en Urabá se extiende hasta el Darién panameño, el Alto Sinú y la margen occidental del Bajo Sinú con unas cronologías menos antiguas entre  $925 \pm 45$  A.P., y  $1055 \pm 40$  A.P. ampliando el período de ocupación 5 siglos más tarde de lo propuesto por el GIAP. Por su parte, Espinoza y Nieto (1998) dataron el yacimiento 06 del municipio de Turbo en labores de arqueología preventiva obteniendo una fecha de  $880 \pm 70$  A.P., asociado a la tipología cerámica del complejo Urabá-Tierralta. Complementando los trabajos de la zona, Escobar (2016) a partir de un proyecto de arqueología preventiva enmarcado en la construcción de la variante Mellitos en el municipio de Necoclí, estableció una relación entre la cerámica del sitio excavado y la cerámica de la región Urabá-Tierra. Así mismo, el autor obtuvo tres fechas radiométricas que se remontan al siglo IV a.C, a saber:  $2390 \pm 30$  A.P.,  $2230 \pm 30$  A.P., y  $2020 \pm 30$  A.P. Estas fechas permiten establecer el poblamiento de la zona un siglo antes de lo que habían indicado las fechas de investigaciones anteriores. Asociado a estos períodos, Plazas et al. (1993) reportaron para la Costa Caribe una época húmeda entre el 2300 - 2150 A.P., la cual fue interrumpida por una época seca entre 2150 - 2050 A.P., sucedido a su vez por una época húmeda entre el 2000 y el 1500 A.P. Las fechas más tardías propuestas por Santos se relacionan con condiciones aparentemente húmedas según las fechas de Plazas et al. (1993) entre 1300 – 750 A.P.

A pesar de los trabajos realizados en la zona, no se contaba con información del poblamiento temprano de la misma hasta que Correal (1983) reportó para el sitio La Gloria en el municipio de Acandí Chocó, dos tradiciones líticas distintas: una punta lanceolada y otra de cola de pescado. A pesar de que no se tienen fechas de este contexto, las evidencias se asociaron al poblamiento temprano de Suramérica por parte de grupos cazadores superiores desde Centroamérica, asociados al Pleistoceno tardío.

Recientemente, Posada et al. (2019) reportaron un sistema de canales y camellones en la cuenca del río León, estas estructuras presentan diversas morfologías incluyendo un patrón microrreticulado atípico en la zona. Este estudio fue complementado por Posada (2022) en donde establece un área de estructuras hidráulicas en la cuenca del río León en jurisdicción de Turbo, Chigorodó y Mutatá (Antioquia), la cuenca del río Tumaradocito en los municipios de Riosucio, Belén de Bajirá y Carmen del Darién (Chocó) y la cuenca del río Siriquí municipio de Turbo, estimados en 137.695 Ha. A partir de análisis micromorfológicos, químicos y de polen, se pudo

conocer mucho mejor la paleoecología de la zona. Los análisis indicaron que la ocupación en el sitio Toribio se relaciona con un proceso de compactación del suelo que aunado a las condiciones inundables de la zona llevaron a la formación de nódulos y revestimientos de óxidos por deficiencias de aireación que indican procesos hidromórficos relacionados con las inundaciones.

La cerámica identificada por Posada (2022) presentó desgrasantes finos y gruesos compuestos por arenas, rocas, fibra vegetal, carbón vegetal y tiesto molido organizadas en estructuras porosas y laminares. En la decoración y acabado de la superficie se reportaron acanaladura, impresiones unguulares, triangulares, aplicación alisada, engobe y pintura roja. A partir de los atributos tecnológicos se definieron dos grupos: Grueso y Fino, de los cuales se desprenden 8 tipos: 1) Tipo Grueso Alto Poroso; 2) Tipo Grueso Alto Laminar; 3) Tipo Grueso Bajo Poroso; 4) Tipo Grueso Bajo Laminar; 5) Tipo Fino Alto Poroso; 6) Tipo Fino Alto Laminar; 7) Tipo Fino Bajo Poroso; y 8) Tipo Fino Bajo Laminar. Esta clasificación cerámica corroboró lo planteado por Posada et al. (2019) en términos de relaciones de la cerámica de río León con el Noroccidente de Antioquia. Lo que confirma una vez más la extensa área de relaciones propuesta por Arcila (1953), Castillo (1988) y Piazzini (2004, 2020).

En la misma investigación, se propuso un uso diferencial del espacio por parte de los seres humanos debido a que el canal presenta mayor contenido de materia orgánica y mayor contenido de Fósforo total que el camellón. Los cambios en el Na y las altas concentraciones de Mg se correspondieron con los momentos de ocupación permanente lo cual podría deberse a los cambios hidrológicos derivados de la tecnología de canales y camellones. Así mismo, se observó un posible déficit de agua alrededor de  $1144 \pm 31$  A.P., (estratos II y III) evidenciado por las bajas concentraciones de Fe, Al y Ti que se relaciona con un descenso en el bosque, y reemplazo del mismo por vegetación abierta (Poaceae y Cyperaceae) que indica ambientes de sabana y someras, además de que no hay evidencia de polen asociado a cultivos (Posada, 2022). El periodo anteriormente descrito coincide con un evento de mayor depositación de artefactos en la época del desarrollo hidráulico. Esta información contrasta con lo propuesto por Plazas et al. (1993), ya que para el periodo comprendido entre 1300 – 750 A.P. reportan para el bajo San Jorge épocas aparentemente húmedas. Se plantea que el sistema de humedales de la región en tanto presenta ausencia de plantas cultivadas en el registro polínico; la presencia de restos de moluscos, pudo tener una funcionalidad de redistribución del agua en un período climáticamente seco, manteniendo

el flujo de nutrientes y la diversidad de recursos en un área que integra varias cuencas (Posada, 2022).

A finales de la primera década e inicios de la segunda de los años 2000, hubo un auge en la ejecución de trabajos de arqueología preventiva en la región de Urabá en el marco de proyectos de infraestructura. A pesar de los prolíficos trabajos realizados en el marco de la arqueología preventiva, se evidencia una carencia generalizada en el nivel de análisis que puedan aportar nuevo conocimiento en materia arqueológica y paleoambiental en el área de estudio.

#### 4 Justificación

Los estudios que han abordado las estructuras hidráulicas construidas en tierras bajas inundables generalmente las han relacionado con la agricultura, la tecnología, el aumento demográfico y la complejización social. Siguiendo una línea distinta, el presente trabajo aborda el sistema de estructuras hidráulicas presentes en el sitio El Vergel desde la perspectiva del riesgo y la vulnerabilidad económica para las poblaciones humanas, en tanto presentan una respuesta resiliente al agua y a los recursos asociados a ella (algas, plantas acuáticas, peces anfibios, crustáceos, etc.), y donde la agricultura posiblemente haya sido una actividad marginal.

Aunque desde hace varias décadas las investigaciones arqueológicas en Colombia han estudiado las tierras bajas inundables y otros sistemas hidráulicos al interior del país, hasta el momento no se ha incorporado el análisis de diatomeas en estudios arqueológicos con el fin de conocer los cuerpos de agua asociados a las ocupaciones humanas prehispánicas. Estos microorganismos silíceos, son importantes bioindicadores medioambientales que nos permiten conocer de una forma contextual los sitios arqueológicos. De esta forma se puede obtener un conocimiento más completo de tales contextos permitiendo abordar temas como: alteraciones de los ciclos hidrológicos de los sitios estudiados, procedencias de material cerámico, cambios ambientales relacionados con el aumento o disminución del volumen en los cuerpos de agua, transgresiones o regresiones marinas, entre otros.

En este orden de ideas y con el fin de conocer mejor la relación de las poblaciones humanas y el agua, es de gran importancia la construcción de inventarios de microalgas de tierras internas y de aguas dulces que nos permitan entender el comportamiento histórico de los humedales como los de la región de Urabá. Este paso es de gran importancia en vista de que, a través de la historia, el agua ha sido el elemento alrededor del cual se han organizado las poblaciones humanas. Conocer el comportamiento de los cuerpos de agua nos permitirá entender mejor las dinámicas económicas de las poblaciones estudiadas, las posibles causas del abandono de los sitios, las posibles rutas de transporte, etc., ayudando a reconstruir memorias sobre el aprovechamiento del agua desde tiempos muy antiguos para la consolidación de planes de gestión, conservación y uso de este recurso vital en el tiempo presente.

Finalmente, la creación de una colección de referencia de diatomeas es de gran importancia arqueológica y ambiental, ya que nos permitirá aproximarnos al estado de los cuerpos de agua del pasado y conocer las condiciones de los cuerpos de agua actuales que, a su vez, pueden compararse con futuras muestras para observar los cambios en los ecosistemas, definir su relación con las actividades humanas e indagar por cómo esos cambios impactan en las condiciones de riesgo y de vulnerabilidad de distintos pueblos.

## 5 Objetivos

### 5.1 Objetivo general

Analizar las condiciones de riesgo y vulnerabilidad económicas de las poblaciones humanas prehispánicas en la cuenca del río León, a partir de los cambios en el régimen hidrológico inferidos del ensamble de diatomeas en una secuencia arqueológica.

### 5.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar los cuerpos de agua actuales (río León, laguna El Congo) con base en las diatomeas colonizadoras de los mismos y variables ambientales químicas y físicas.
2. Identificar la mayor cantidad posible de taxones de diatomeas presentes en el canal del sitio arqueológico El Vergel.
3. Establecer las variaciones en las frecuencias de diatomeas a lo largo de la secuencia sedimentaria, explicando tales cambios en términos ambientales y tafonómicos.
4. Identificar los cambios en los niveles de riesgo y vulnerabilidad por estrés hídrico en la secuencia arqueológica.

## 6 Marco conceptual

De acuerdo con el enfoque contextual que propone Butzer (1989), en los estudios arqueológicos es de vital importancia tanto el medio cultural como el medio no cultural, con el fin de determinar la interrelación entre cultura y medio ambiente buscando una mayor comprensión de la ecología humana en las poblaciones prehispánicas y el desarrollo de relaciones de distinta naturaleza histórica y geográfica, donde se “(...) posibilite una apreciación realista de la textura medioambiental y de sus interacciones espaciales, económicas y sociales potenciales con el sistema de asentamiento subsistencial” (Butzer, 1989, p. 11).

### 6.1 Sistemas, relaciones y contexto

Para Butzer (1989), aunque la arqueología contextual no se ocupa de flujos de energía y de las cadenas alimenticias, sí busca integrar algunos saberes de la ecología con el fin de definir las interacciones sistémicas entre los componentes culturales, biológicos y físicos en un medio determinado. A partir de ello, establece que:

La variabilidad ambiental tendrá efectos a diversas escalas sobre la biomasa de alimentos animales y vegetales e, incluso sobre los caracteres cuantitativos y cualitativos de las comunidades bióticas. A su vez, la variabilidad, las tendencias y las variaciones ecosistémicas afectarán probablemente a la demografía, a las estrategias de subsistencia y a los patrones de asentamiento e, incluso, al tejido social, con diferentes grados de intensidad, en función de la magnitud del cambio y de la información, y a las decisiones de las comunidades humanas. (Butzer, 1989, p. 9)

Con lo anterior se evidencia la importancia de tener en cuenta los conceptos de complejidad e interacción planteados por Butzer (1989) al momento de abordar un contexto como la región de Urabá que supone la interacción entre el agua, el bosque y los seres humanos. En esta línea, se trae a colación un concepto que el mismo autor rescata de Buckley y que también se emplea en ecología histórica, para integrar el componente biótico (incluyendo a los humanos) y el componente abiótico

de cualquier ecosistema. El concepto de *sistemas adaptativos complejos (SAC)* incorpora a los seres humanos como agentes del ecosistema y entiende que los ecosistemas no funcionan como subsistemas separados ni predecibles, sino como un todo cambiante (Meyer & Crumley, 2012; Sinclair et al., 2018). Esta definición bien podría aplicar al caso de estudio en la cuenca media del río León, teniendo en cuenta la totalidad que engloba el complejo arqueológico dentro del sistema de humedales de la cuenca (Fig. 3). En efecto, los SAC se entienden como “(...) un conjunto de cosas –gente, células, moléculas o cualquier cosa– interconectados en forma tal que ellos producen sus propios patrones de comportamiento con el tiempo” (Meadows, 2008 citado en Sinclaire et al., 2018, p. 22).

Así pues, las distintas configuraciones de factores que se presentan en un humedal y sus relaciones, son influenciadas por las *retroalimentaciones (feedbacks)*<sup>14</sup>. Esto implica que las retroalimentaciones son eventos pasados que impactan en las condiciones actuales y que al tener una trayectoria circular permiten a los agentes adaptar sus estrategias y comportamientos a partir de la historia o experiencia temprana (Butzer, 1989; Sinclaire et al., 2018).

Se evidencia entonces que el concepto de SAC tiene las ventajas de: englobar a los subsistemas culturales y medioambientales en un sistema mayor, resaltar la variabilidad y contemplar la selección cultural como un mecanismo realmente evolutivo, resaltar la cognición y la toma de decisiones trascendiendo el determinismo de los sistemas modelos tecno-ambientales. (Butzer, 1989).

Así las cosas, en el área de estudio el SAC tiene la siguiente constitución: el *sistema hidrológico* compuesto por los subsistemas: 1. Hidrogeológico representado por los acuíferos subterráneos ubicados en la región, 2. Hidro-fluvial representado por el río León y sus cuencas tributarias<sup>15</sup>, siendo el río León el sistema de drenaje principal catalogado como una cuenca de orden 7, y 3. Léntico representado por el sistema de humedales (CORPOURABA, 2019). El *sistema cultural* prehispánico es representado por las poblaciones portadoras de los complejos Urabá-

---

<sup>14</sup> El *Feedback* refiere a un cambio introducido por uno de los componentes del sistema y que se transmite por toda la estructura hasta regresar a la variable inicial, amortiguando al efecto de cambio al ser negativo o acelerando el efecto de cambio al ser positivo.

<sup>15</sup> río Zungo, río Grande, río Apartadó, río Chigorodó, río Villarteaga, río Porroso y río Carepa. Estas cuencas tributarias al igual que sus cuencas abastecedoras presentan un patrón de drenaje dendrítico.

Tierralta hacia las tierras bajas, las portadoras del Complejo Noroccidental hacia Mutatá y Dabeiba y las poblaciones de la zona del río Atrato (Castillo, 1988, Santos, 1989). Este sistema cultural contiene los subsistemas: 1. Económico que se relaciona con actividades de pesca, caza, horticultura, explotación de sal, etc., 2. Tecnológico representado por las manifestaciones cerámicas, líticas y de construcción de estructuras hidráulicas en algunas zonas (Castillo, 1988; Posada et al., 2019; Santos, 1989). Por último, el *sistema biológico* se divide en los subsistemas: 1. Vegetación y flora representada por: pastos arbolados, bosque denso alto de tierra firme, bosque denso bajo inundable (incluye panganales), bosque abierto alto de tierra firme, herbazal, bosque de galería y ripario, etc., y 2. Fauna representada por aves, mamíferos, peces, reptiles, anfibios y especies exóticas invasoras (CORPOURABA, 2019).

Dicho sistema evoluciona conforme a los factores que influyen en los procesos de retroalimentación y flujo, tales como el clima, la geomorfología, la actividad biológica y el comportamiento social, transformando constantemente la forma, dimensiones y funcionamiento general del sistema.

## 6.2 El cambio de los SAC visto como fuente de equilibrio/desequilibrio

Dentro del entendimiento de los sistemas adaptativos complejos, se observa la *resiliencia* como un concepto funcional para entender la génesis evolutiva, ya que entiende los cambios del ecosistema en términos de un proceso organizativo que tiende al equilibrio y en el cual la escala (temporo-espacial) a la que ocurre es bastante decisiva. Algunas premisas básicas que gobiernan este concepto a la luz de los SAC se resumen en los siguientes enunciados:

1. Los cambios son episódicos: con períodos de baja acumulación de capital natural (plantas, animales, minerales, agua, etc.) interrumpidos por alzas repentinas y nuevas reorganizaciones.
2. Los atributos espaciales y temporales de los ecosistemas son heterogéneos y variables: esto implica que la magnitud de algún cambio no necesariamente es directamente proporcional a la escala.

3. Los ecosistemas presentan múltiples equilibrios: esto implica que no tienen controles homeostáticos que los mantengan cerca de un único equilibrio.
4. Se toma en cuenta la pérdida de resiliencia de los ecosistemas a causa de las normas políticas de los humanos al perseguir unos intereses particulares sobre el medio (Redman, 2005).

Por consiguiente, desde el concepto de resiliencia se observa que la estabilidad y la transformación están en constante interacción y forman lo que se ha denominado ciclo adaptativo. Lo anterior lleva a pensar en la *reorganización* como término auxiliar para entender la resiliencia, ya que permite indagar desde la perspectiva de que, en los sistemas cambiantes, sus componentes se reorganizan en nuevos sistemas para tomar ventaja de las oportunidades (Holling, 1973, citado en Redman, 2005), esto está en consonancia con lo planteado por Meyer y Crumley (2012) al mencionar que el término de resiliencia permite reemplazar al de adaptación, ya que mientras la adaptación tiende a otorgar un papel pasivo a los seres humanos, la resiliencia otorga un papel más activo en su respuesta frente a los cambios ambientales. Bajo esta perspectiva, las tecnologías hidráulicas observadas en las llanuras de inundación son reorganizaciones de la dinámica de sistemas resilientes en esquemas de espacio y tiempo específico.

Pero, independientemente del carácter resiliente del sistema estudiado, en la medida en que el número de seres humanos y su demanda económica aumenta, su uso de los recursos altera el equilibrio de los SAC que habitan (Holling, 1973, citado en Redman, 2005), generando cambios y añadiendo dinámica y complejidad a las relaciones. Es allí donde los conceptos de riesgo y vulnerabilidad ganan importancia en tanto permiten medir el impacto de la variabilidad diacrónica del sistema tanto en el desarrollo de la vida animal y vegetal como en la vida social humana, advirtiendo las rutas de cambio y la magnitud de las relaciones.

Con el fin de identificar los impactos de estas relaciones dinámicas, Meyer y Crumley (2012) proponen estudiar los términos de riesgo y vulnerabilidad como se observa a continuación: el *riesgo* como “(...) la incertidumbre sobre posibles resultados indeseados y que concierne a todo el mundo por igual (...)” (p. 116), la *vulnerabilidad* como “(...) el conjunto de circunstancias y condiciones que incrementan el impacto negativo para algunos grupos o individuos” (p. 116). También es importante recalcar que para que haya vulnerabilidad se requiere de una *amenaza*, la cual hace referencia al factor específico al cual, dependiendo de la forma de organización y

condiciones materiales se puede ser más vulnerable o no, reduciendo o aumentando el riesgo (Díaz, 2018). Del mismo modo, para que se presenten la amenaza y la vulnerabilidad, se requiere de la *exposición* la cual “(...) refiere a la intensidad y duración en que los elementos, como personas, ecosistemas, infraestructura y servicios, están presentes en lugares que podrían verse afectados negativamente” (Díaz, 2018, p. 19). Con relación a lo anterior, el autor advierte que el término de riesgo por sí solo es insuficiente para abordar las dinámicas sociales en relación con su contexto ambiental, ya que si se le separa de los términos de amenaza, exposición y vulnerabilidad no se alcanzaría a profundizar en la especificidad de los fenómenos abordados.

Ahora bien, en concordancia con la complejidad que expresan los SAC en los ecosistemas de humedal, se puede ver que uno de los factores que incide en el riesgo y la vulnerabilidad para poblaciones humanas, peces y plantas, se encuentra en la regularidad de los *pulsos de inundación*, entendidos estos como: la descarga de aguas del río sobre la llanura inundable, lo cual, es la mayor fuerza que controla la biota en el sistema río-llanura inundable (Junk et al., 1989). Este concepto en el seno de la perspectiva sistémica, permite pensar mejor la fuerza generadora de producción y las interacciones de los sistemas de río-llanura inundable desde un punto de vista hidrológico, que los considera como unidad. En estos sistemas, los tiempos de sequía e inundación son importantes, ya que dependiendo de ello se puede ver afectado el proceso productivo y los ciclos de vida de plantas y animales (Junk, et al. 1989). No obstante, debe tenerse en cuenta que el pulso de inundación en el área de estudio no se da exclusivamente por la descarga lateral del río León, sino también por la saturación de agua que emerge desde los acuíferos subterráneos que se encuentran en la zona, por lo tanto, el pulso de inundación en este caso es tanto horizontal como vertical.

Asociado a los pulsos de inundación y a los cuerpos de agua, también se reconoce el papel de la eutrofización en la incidencia del riesgo y la vulnerabilidad para poblaciones humanas, peces y plantas. La *eutrofización* se entiende como el enriquecimiento de nutrientes a causa de la descomposición y dilución natural de materia orgánica y minerales en los cuerpos de agua o derivado de las actividades humanas como la agricultura y otros compuestos sintéticos que incluyen nitrógeno y fósforo principalmente (Cabello & Hervás, 2001; Camargo & Alonso, 2006, 2007; Khan & Ansari, 2005). Teniendo en cuenta el tipo de cuerpo de agua (léntico o lótico) y como resultado de la eutrofización, se puede dar la acidificación de los mismos generando ensambles fitoplanctónicos tóxicos, condiciones de anoxia por descomposición de materia

orgánica, disminución de poblaciones de invertebrados y especies como crustáceos, gasterópodos y salmónidos, sin mencionar afecciones de salud humana –incluso la muerte– por consumo de peces o agua contaminada (Cabello & Herbás, 2001; Camargo & Alonso, 2006, 2007; Cárdenas & Sánchez, 2013; Córdoba, 2020).

### **6.3 Alteración de los SAC, economía productiva y cambio social**

En términos estrictos, se puede ver que la relación de los seres humanos con los cuerpos de agua permea los niveles más básicos de subsistencia tales como: problemas a la salud humana por contaminación de las fuentes de agua, (Austin, 1999; Camargo & Alonso, 2006; Fewtrell, 2004), escasez de alimento por exposición a sequías (Austin, 1999), migración a causa de los cambios en los regímenes hídricos y desecación de cuencas lacustres que implican un cambio en actividades económicas, políticas, culturales, etc., en los nuevos lugares de asentamiento (Manzanilla, 1997). La falta total de agua, es decir, los fenómenos de intensas sequías, se han relacionado con el decaimiento de culturas como la teotihuacana al impactar diversas dimensiones sociales como la economía, la política, la religión, etc. (García, 1974; Manzanilla, 1997). El caso contrario, igualmente influye en el desarrollo social y en el equilibrio de los sistemas adaptativos complejos tal como lo describe Manzanilla (1997).

(...) en el caso sudamericano, la frecuente incidencia de perturbaciones climáticas asociadas al fenómeno de El Niño trajo reacomodos demográficos, cambios en los patrones de asentamiento, transformaciones en las prácticas alimenticias, reconstrucciones arquitectónicas, aplicación de tecnologías de control de inundaciones y de intensificación agrícola, pero también cambios ideológicos. (p.33)

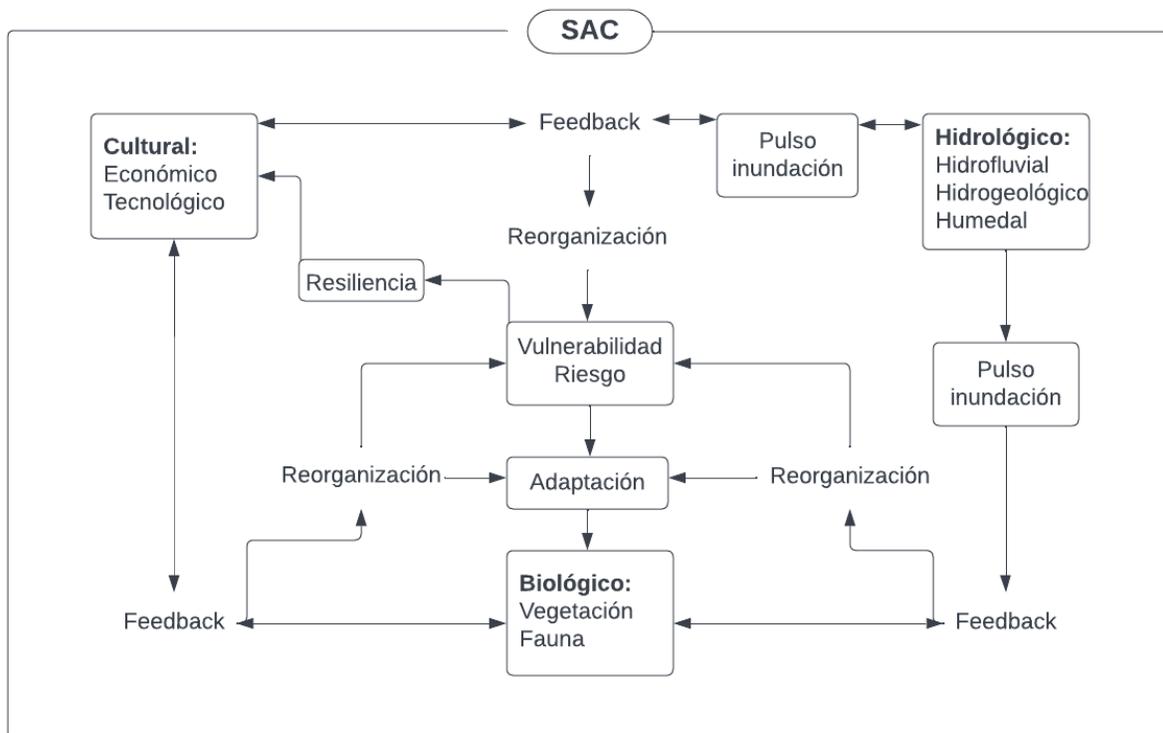
Como se observó en las páginas anteriores, convivir con el agua, sobre todo en los SAC de regiones inundables ha demandado desarrollos o innovaciones tecnológicas y reorganizaciones sociales que permitieron una adaptación al medio (Cardale et al., 2017; Lombardo et al., 2011; Plazas, 1993; Plazas & Falchetti, 1981).

Para concluir, lo que se sabe hasta el momento del funcionamiento de los SAC de tierras bajas inundables es que las ventajas ambientales que permiten estos espacios para la agricultura; la

cría de peces, moluscos y otras especies de valor alimenticio han permitido condiciones resilientes en lo que respecta a la adaptación a estos lugares por medio de la modificación del paisaje, lo cual a su vez ha generado feedbacks positivos que han derivado en reorganizaciones sociales y ambientales (Denevan, 1970; Dolmatof, 1997; Plazas & Falchetti, 1981; Walker, 2000), tal adaptación al medio debió favorecer el aprovechamiento económico de tales sistemas y la mitigación del riesgo asociado a inundaciones y sequías.

### Figura 3

#### Diagrama marco conceptual



Nota. Elaboración propia.

## 7 Metodología

### 7.1 La reconstrucción paleoecológica en la Arqueología

En las reconstrucciones paleoecológicas se conoce que los ambientes son cambiantes temporal y espacialmente y que tales cambios derivan en fluctuaciones poblacionales, innovaciones comportamentales en los seres vivos (incluidos los seres humanos) y que tales respuestas, al mismo tiempo, modifican los ambientes (Dincauze, 2000). En este orden de ideas es importante definir la escala temporal de los cambios ambientales: corto plazo y largo plazo<sup>16</sup>. Los atributos de los fenómenos de corta duración son:

1. Duración: cuánto tiempo dura el cambio
2. Frecuencia: cuántas veces se presenta el cambio en un intervalo de tiempo
3. Amplitud: refiere al tamaño o la intensidad del fenómeno
4. Periodicidad: Refiere a la predictibilidad que presenta cada fenómeno (anual, interdecadal, etc.)

Los cambios de corta duración y de baja frecuencia implican una respuesta inmediata de los seres humanos, ya que estos solo responden a los cambios que perciben y que afectan las condiciones o recursos importantes para ellos. Estas respuestas se relacionan con la tecnología, la ideología y la estructura social, no obstante, presentan poca visibilidad arqueológica debido a que tienden a resolverse con herramientas y técnicas que no necesariamente estimulan la innovación (Dincauze, 2000).

Por otro lado, los cambios de largo plazo en tanto sucesos que tienen una baja frecuencia con duraciones mayores a 10 años y periodicidades de más de una generación humana tienden a ser de bajo impacto para la percepción humana. Este tipo de cambios se pueden originar en cualquiera de las cinco esferas del sistema climático (atmósfera, hidrosfera, criosfera, geosfera,

---

<sup>16</sup> los fenómenos de corto plazo son los que duran hasta 10 años: inundaciones, sequías, terremotos, tsunamis, pestes, enfermedades. Los de largo plazo son los que duran más de una generación humana: ciclos glaciares e interglaciares, fenómenos de subsidencia degradación del suelo y del clima, cambios en regímenes de precipitación, etc. (Dincauze, 2000).

biosfera) y desde la arqueología se pueden observar en términos biológicos y culturales, ya que implican respuestas estratégicas al cambio, a saber: flexibilidad en el comportamiento individual, movilidad espacial, innovación tecnológica y manipulación de la complejidad social. Por tanto, las respuestas culturales a los cambios de larga duración derivan en estrategias modales debido a la duración o intensidad del cambio, llevando a modificaciones en el sistema cultural por mecanismos de feedback positivos (Dincauze, 2000).

Aunque es cierto que los cambios ambientales han sido estudiados mayormente desde la meso escala (en términos espaciales), ya que permite observar la evolución cultural y la emergencia de procesos sociales, la microescala, por otro lado, permite ampliar la resolución a escala local (Dincauze, 1987; Morales, 2004) que es justo lo que se busca en este estudio, constituyendo un insumo para articulaciones futuras a escalas regionales.

Para la reconstrucción de los ambientes pasados y desvelar su interacción con el sistema cultural, es necesario que desde la arqueología se tomen técnicas y datos de otras ciencias (geología, ecología, climatología, hidrología, etc.), esto con el fin de llegar a escalas de resolución más grandes que los sitios y entender el entramado de relaciones entre todos los componentes del medio estudiado (Butzer, 1989; Dincauze, 1987). Así las cosas, hay que tener en cuenta que el agua es fundamental para definir las condiciones de la vida sobre la tierra ya que: “La distribución, cantidad y calidad del agua definen directamente la salud y la longevidad de las comunidades humanas, para los organismos constitutivos, e indirectamente, a través de los efectos en especies de recursos” (Dincauze, 1987, p. 298). De acuerdo con lo anterior, se advierte que las poblaciones<sup>17</sup> de diatomeas, ostrácodos, entre otros, pueden dar información sobre el rango de temperatura, química y el estado trófico del agua lo que a su vez indicarían el tipo de peces que pudieron estar presentes en los nichos ecológicos<sup>18</sup> (Dincauze, 1987; Odum & Barret, 2006).

---

<sup>17</sup> “Población se define como: cualquier grupo de organismos de la misma especie que ocupa un espacio en particular y funciona como parte de una comunidad biótica, la cual a su vez se define como el ensamble de poblaciones que funcionan de la misma manera que una unidad integrante, a través de una serie de transformaciones metabólicas coevolutivas; en un área prescrita del hábitat físico”. (Odum & Barrett, 2006, p. 225).

<sup>18</sup> “(...) el nicho ecológico no solo incluye el espacio físico que ocupa el organismo, sino también su papel funcional en la comunidad (su posición trófica, por ejemplo) y su posición dentro de los gradientes ambientales de temperatura,

## 7.2 Las diatomeas como indicador ambiental

Las diatomeas son organismos unicelulares eucariotas, pigmentados y fotosintéticos pertenecientes a la división algal Bacillariophyta. Algunos pueden vivir heterotróficamente en la oscuridad<sup>19</sup>. Su rasgo fundamental es la pared compuesta de sílice amorfa hidratada ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), la cual se divide en dos unidades llamadas valvas<sup>20</sup>, conectadas por varias cintas delgadas llamadas cíngulo (copulae). La valva más vieja se denomina epivalva y la más joven hipovalva, mientras que los elementos de en medio reciben los nombres de epicíngulos e hipocíngulos, cada valva con sus componentes cingulares recibe el nombre de epiteca e hipoteca. La hipoteca tiende a ser más pequeña que la epiteca debido a la división celular que induce a una reducción de tamaño en cada nueva célula. Todas las partes juntas forman el frústulo. Debido a que los componentes de la pared celular (Frústulo) están demasiado cerrados, el flujo de material a través de la misma se da por medio de poros o grietas. (Battarbee, 1988; Round et al., 1990).

Los hábitats principales de las diatomeas son: superficies sumergidas o húmedas (bentónicas-planctónicas) y sedimentos de corrientes, lagos, corrientes de sal, playas arenosas, también se pueden encontrar diatomeas epifíticas adheridas a otros sustratos como animales marinos, plantas, aves acuáticas, etc. (Round et al., 1990). Las diatomeas pueden encontrarse en: diversas latitudes, cuerpos de agua marinos, aguas interiores dulces y saladas, aguas con distintos grados de trofismo, altas y bajas temperaturas y distintos valores de pH. Aunque las diatomeas suelen ser solitarias, también pueden formar colonias a través de espinas entrelazadas, de almohadillas, de tallos y/o mucilagos. Debido a su gran respuesta a cambios ambientales, su

---

humedad, pH, suelo y otras condiciones de existencia". (Odum & Barrett, 2006, p. 312). El nicho ecológico de un organismo depende del sitio donde vive y de la suma total de los requisitos de su entorno.

<sup>19</sup> alimentación heterótrofa es la transformación de la materia orgánica en nutrientes y energía. Por otro lado, la alimentación autótrofa es la transformación de sustancias inorgánicas en todas las sustancias esenciales para un organismo. Las heterotróficas son incoloras y pertenecen a los géneros *Nitzschia* o *Hantzschia* (Round et al., 1990).

<sup>20</sup> Las valvas presentan diversas formas y arreglos porosos. En algunos géneros se puede observar sistema rafídeo y en otros no. Pueden presentar diversas formas, entre ellas, las más recurrentes son las penadas y las centrales. Entre sus características taxonómicas valvares se encuentran: carinopórtula, cavum, collum, espinas, fascia, fíbula, helictoglosa, campos porosos, entre otras.

análisis puede ser usado para conocer esos cambios a largo plazo (Battarbee, 1988; Round et al., 1990; Seckbach & Kocielek, 2011).

En conclusión, para la reconstrucción ambiental del sitio arqueológico El Vergel, se recurrió a las diatomeas como bioproxy, ya que: su pared celular de sílice les permite conservarse en distintos tipos de sedimento durante largos períodos de tiempo, tienen características bien definidas como las formas y ornamentación que permite una buena resolución taxonómica, presentan una amplia distribución geográfica y un alto número de especies, tienen gran capacidad de colonización de diferentes medios y alta capacidad de respuesta poblacional a cambios en su entorno como lo son: profundidad del agua, temperatura, salinidad, pH, trofismo, cuerpos de agua lénticos y lóticos, entre otros. A partir de estos parámetros se puede reconstruir las condiciones de los cuerpos de agua y los posibles efectos sobre los grupos humanos cercanos (Battarbee, 1988; Díaz, et al., 2008; Dincauze, 1987; Mannion, 1987). Por tal motivo se considera que las diatomeas en tanto indicadores indirectos del tipo de cuerpo de agua prehispánico, permitirán identificar los cambios en el entorno local y en la exposición al riesgo y la vulnerabilidad económicos de las poblaciones del río León.

### **7.3 Las diatomeas en arqueología**

Aunque las primeras descripciones de diatomeas se realizaron en el siglo XVIII, es hasta inicios del siglo XX en que se inició la integración del análisis de diatomeas a las problemáticas arqueológicas, no obstante, el mayor auge de tal integración a nivel mundial se dio entre mediados de los 70's y la década de los 90's (Grana, 2018; Martínez et al., 1999). Ante los prolíficos trabajos que integran a las diatomeas en estudios arqueológicos, se han realizado recopilaciones de dicho tema que, en tanto trabajos de síntesis, permiten generar un gran entendimiento del potencial que tienen las diatomeas para la arqueología, ya que tratan diversas preguntas sobre: paleo ambientes, impactos culturales en el ambiente, manejo de agua y de suelos, procesos de formación de sitio, reconstrucción de líneas de costa, procedencia de artefactos y de materias primas, diagnóstico de muerte en bioarqueología, entre otros (Grana, 2018; Martínez et al., 1999). Así pues, la aplicación de las diatomeas en preguntas arqueológicas ha sido amplia, a pesar de ello, se evidencia que para

el caso específico de Colombia no hay un solo estudio arqueológico que integre a las diatomeas en reconstrucciones paleo ecológicas, contrario a ello, como se puede observar en Fernández (2012) para Centro y Suramérica, la mayor producción de estudios de diatomeas en contextos arqueológicos, se ha dado en Argentina.

En este orden de ideas, entre los trabajos latinoamericanos que han realizado reconstrucciones paleo ambientales en el marco de estudios arqueológicos integrando a las diatomeas se encuentran las investigaciones de Bonomo et al. (2009), Colobig et al. (2016), Dubois (2006), Fernández (2012), Grana et al. (2016), Tchilinguirian y Olivera (2010), Trombold e Isrande (2005).

#### **7.4 Parámetros de estudio y afinidades ecológicas de las diatomeas**

La ecología de las diatomeas se abordó desde las afinidades y parámetros que más han sido referenciadas y que son funcionales para el caso de estudio que son: hábitat, salinidad, pH y trofismo (Battarbee, 1988; Morales, 2004; Lowe, 1974).

##### **7.4.1 Hábitat**

Como bien lo mencionan Odum y Barrett (2006), el hábitat de un organismo es el sitio donde vive o donde se espera encontrarlo, lo que, a su vez indica una funcionalidad dentro de la comunidad a la que pertenece y su posición dentro de la misma. Así pues, las diatomeas fueron clasificadas según su hábitat de la siguiente forma:

**Planctónicas.** (Incluye planctónicas y Tycoplanctónicas o planctónicas facultativas): Estas especies se relacionan con el plancton e implican la presencia de agua, ya que normalmente se encuentran suspendidas en ella.

**Perifíticas.** Esta categoría recoge a las especies perifíticas o litorales. En particular incluye especies que viven adheridas a un sustrato vegetal (epifíticas), a rocas (epilíticas), a clastos de arena

(episámicas) y adheridas al barro (epipélicas). Requieren de una cantidad de humedad importante o la presencia periódica de agua.

**Bentónicas.** incluye a las especies libres o adheridas al fondo de un cuerpo de agua. Requieren de una cantidad de humedad importante o la presencia periódica de agua.

**Aerófilas.** son recurrentes en ambientes no sumergidos.

**Euterrestres.** usualmente se adaptan a la falta de presencia efectiva de agua tolerando ausencia prolongada de humedad en ambientes no sumergidos.

#### **7.4.2 Salinidad**

Las categorías en que se han dividido las diatomeas según la salinidad del ambiente que habitan son las siguientes:

**Polihalobias o Euhalobias.** Toleran salinidades mayores a los 30 g/l (ej. agua marina 30 g/l aprox.).

**Mesohalobias.** presentan desarrollo óptimo en concentraciones salinas entre los 5 y 20 g/l aprox.

**Oligohalófilas.** Estimuladas por pequeñas cantidades de sales.

**Oligoindiferentes.** Toleran una concentración de sales < 3 g/l (lo que se considera agua dulce).

**Halófbas.** No toleran sales aun en cantidades bajas.

#### **7.4.3 pH**

El pH del ambiente se estimará mediante la observación del ensamble de diatomeas presentes en los sedimentos. La clasificación de las diatomeas según su pH fue la siguiente:

**Alcalibiontes.** Presentes únicamente en ambientes alcalinos.

**Alcalifilas.** Desarrollo óptimo en pH levemente mayores a 7.

**Circumneutrales o Indiferentes.** Desarrollo óptimo en pH circumneutrales (alrededor de pH 7).

**Acidófilas.** Desarrollo óptimo en  $\text{pH} < 7$ .

**Acidobiontes.** Desarrollo óptimo en  $\text{pH} < 5.5$ .

#### 7.4.4 Trofismo

El grado de trofismo refiere a la disponibilidad de nutrientes inorgánicos, como Fósforo (P) y Nitrógeno (N) en los ecosistemas acuáticos y terrestres. Por tanto, la eutrofización de un cuerpo de agua puede ocurrir por perturbación humana o natural<sup>21</sup>. De acuerdo con lo anterior, la clasificación de los cuerpos de agua según su grado de trofismo fue la siguiente:

**Eutróficas.** características de ambientes con alta concentración de nutrientes.

**Mesoeutróficas.** características de ambientes con una concentración de nutrientes de moderada a alta.

**Mesotróficas.** características de ambientes con moderada concentración de nutrientes.

**Mesooligtróficas.** características de ambientes con una concentración de nutrientes de baja a moderada.

**Oligotróficas.** características de ambientes con bajo contenido de nutrientes.

---

<sup>21</sup> La eutrofización antrópica puede darse por desagüe de aguas negras domésticas e industriales, actividades agrícolas, erosión del suelo, entre otros. Mientras que la eutrofización natural puede darse por el incremento de contribución de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes, la erosión de los suelos también aumenta la contribución de nutrientes.

## 7.5 Colección de referencia

La temporada de muestreo de los cuerpos de agua actuales se realizó en los municipios de Turbo y de Chigorodó entre el 22 y el 26 de febrero de 2021. Para la recolección de estas muestras se contó con el permiso de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) mediante la resolución 0524 del 27 de mayo de 2014 la cual otorga a la Universidad de Antioquia un Permiso Macro de recolección de especímenes silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial.

### 7.5.1 Muestreo Río León

El día 23 de febrero de 2021 se realizó el muestreo de perifiton en un afloramiento de un depósito de cantos localizado en la margen oriental del río León a la altura del corregimiento de Barranquillita, bajo el puente que une los municipios de Turbo y Chigorodó. Coordenadas N: 7° 34.316 / O: 76° 42.683 (Figs. 4 y 5). Se eligió este lugar por la facilidad de acceso, ya que tenía una pendiente del 20% aproximadamente que permitía el acceso al río y por ser la zona que presentaba material rocoso sumergido.

El lecho del río presentó forma de “V” y profundidades variables en el centro a partir de 1.50 m. El flujo del cauce fue evidentemente más alto en el centro. Al costado oriental del río se observó vegetación vascular y gramíneas. En su cauce y en las orillas se observaron ramas secas de árboles. Hubo presencia de peces (2 - 10 cm de largo) en el costado oriental del río asociados a la afloración de cantos. Este es un río evidentemente sinuoso de aguas color verdosas a pardo claro.

**Figura 4***Mapa muestreo río León*

*Nota.* Imagen de Google Earth, ajustada al sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Oeste. El punto amarillo en la imagen señala el lugar donde se realizó el muestreo en el río León. Es el punto en donde se intersectan el río León y el puente de la carretera que conecta a los municipios de Chigorodó y Turbo.

El muestreo del perifiton se tomó de una de las rocas del afloramiento de cantos en el lecho del río. Para ello, se consideraron los siguientes criterios:

1. Rocas que estuvieran sumergidas en el agua.
2. Rocas que presentaran poblaciones algales en su cortex.
3. Rocas que estuvieran sumergidas a profundidades no superiores a 40 cm con el fin de no tomar rocas fuera del área fótica.

Para tomar la muestra se fijó el área a raspar de la roca con un acetato al que se le perforó un orificio rectangular de 2cm\*5cm. Con cepillo de dientes se rasparon tres (3) lados distintos, y se realizaron dos raspados por cada área de 2\*5 cm. Entre raspado y raspado se lavaron la roca y el cepillo de dientes con agua destilada con el fin de desprender el perifiton de ambas superficies (Fig. 6). De la roca muestreada se obtuvieron dos réplicas (una de ellas fue enviada a la Universidad

del Amazonas). La muestra se depositó en un envase plástico de boca ancha (7 cm) y de 300 cm<sup>3</sup> de capacidad, se fijó con Lugol en una relación de 1:10, es decir, una décima parte de Lugol con respecto al volumen de la muestra. Por último, se le añadieron diez (10) gotas de glicerina pura para prolongar el efecto del fijador. La muestra se marcó con: fecha, hora, número de la muestra, sitio, serial de la muestra (1/2, 2/2).

### **Figura 5**

*Afloramiento de cantos costado oriental río León*



*Nota.* Fotografía por Sergio A. González Avendaño.

Con un instrumento multiparámetro se tomaron los datos de: Oxígeno disuelto: 12.05 mg/L, conductividad: 180, unidades prácticas de salinidad: 0.08. Tanto la temperatura ambiente como la temperatura del agua fueron de 29°C. El pH del río no se tomó, debido a que el medidor de pH del multiparámetro presentó problemas.

**Figura 6**

*Obtención de muestra de perifiton del río León*



*Nota.* Fotografía por Jhostin Ramos Murillo. En la imagen se observa: la morfología de la roca muestreada del río León, las dimensiones de la perforación del acetato (2\*5 cm), y el raspado con cepillo de dientes y agua destilada.

### **7.5.2 Muestreo Laguna El Congo**

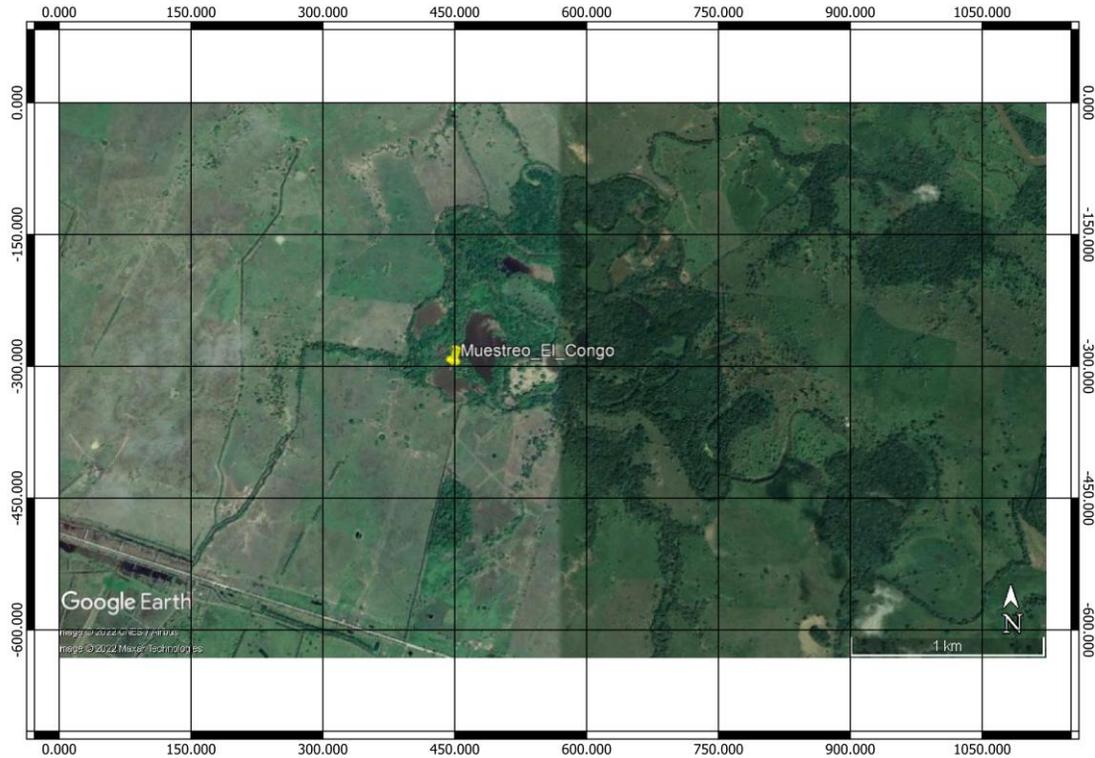
El muestreo de la laguna El Congo se realizó el día 24-02-2021, en las coordenadas: N: 7° 35.349' / O: 76° 45.933'. Este sitio está ubicado al Occidente del río León en el municipio de Turbo en predios de la finca El Congo. El muestreo de la laguna El Congo se realizó en la zona Nororiental de la misma, ya que era la zona de la laguna donde se concentraban las macrófitas flotantes y en donde se evidenciaba menor perturbación antrópica y biótica (ganado) (Fig. 7).

Para el momento del muestreo, la laguna presentó vegetación vascular circundante (árboles) y macrófitas flotantes en el extremo nororiental. Esta estación de muestreo presenta forma ovalada,

aguas pardas y sedimento expuesto por desecación. El área estimada de la laguna fue de 22.014 m<sup>2</sup> (tomada con el GPS a partir de un recorrido a pie por el borde de la laguna).

### Figura 7

#### Mapa muestreo laguna El Congo



*Nota.* Construcción propia a partir de imagen de Google Earth, ajustada al sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Oeste. El punto amarillo indica la laguna muestreada en la finca El Congo, municipio de Turbo.

Las muestras de perifiton se tomaron de uno de los tipos de macrófitas flotantes predominantes en el sector nororiental de la laguna: *Ludwigia helminthorrhiza* (Fig. 8). Se cepilló y se lavó con agua destilada la parte de la macrófita que estaba sumergida. Se midió el área raspada, se depositó la muestra en un envase y se rotuló con los datos respectivos. Luego se fijó la muestra con Lugol (relación 1:10) y Glicerina (10 gotas). De la muestra de la macrófita se tomaron dos réplicas (2 muestras en total). Una (1) de las réplicas fue enviada a la Universidad del Amazonas a la profesora Omaira Sierra. Las medidas fueron las siguientes:

Macrófitas II – 1/2: área del tallo sumergido: Largo: 54 cm - Radio: 7 mm

Macrófitas II – 2/2: área del tallo sumergido: largo: 48 cm - Radio: 5 mm

### Figura 8

*Macrófita muestreada*



*Nota.* Fotografía por Sergio A. González Avendaño. En la fotografía se observa la muestra denominada como macrófitas II perteneciente al taxón *Ludwigia helminthorrhiza*.

Las características físico-químicas de la laguna se tomaron con multiparámetro (Fig. 9) y fueron las siguientes: oxígeno disuelto: 11.45 mg/L; unidades prácticas de salinidad: 0.03; conductividad: 64; temperatura en agua: 30°C; temperatura ambiente: 29°C; pH: 7.05. En vista de que el sensor de pH del multiparámetro estaba averiado, el pH se tomó en CORPOURABA a partir de la muestra (2 Litros) enviada para análisis químicos a la cual no se le agregó ningún tipo de fijador para no alterar la composición físico-Química de la misma.

**Figura 9***Medición parámetros físico-químicos laguna El Congo*

*Nota:* Fotografía por Alex Rúa. En la fotografía de la izquierda se observa el procedimiento de la toma de los parámetros de la laguna El Congo (salinidad, temperatura, conductividad, OD) con multiparámetro y en la fotografía de la derecha se observa la toma de la profundidad Secchi.

La profundidad Secchi fue de 12 cm. Aunque la profundidad de la laguna era muy variable, el lugar más profundo al que se accedió fue de aprox. 40 cm.

La identificación de la macrófita flotante *Ludwigia helminthorrhiza* se realizó en el Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA) a partir de las fotografías tomadas en campo.

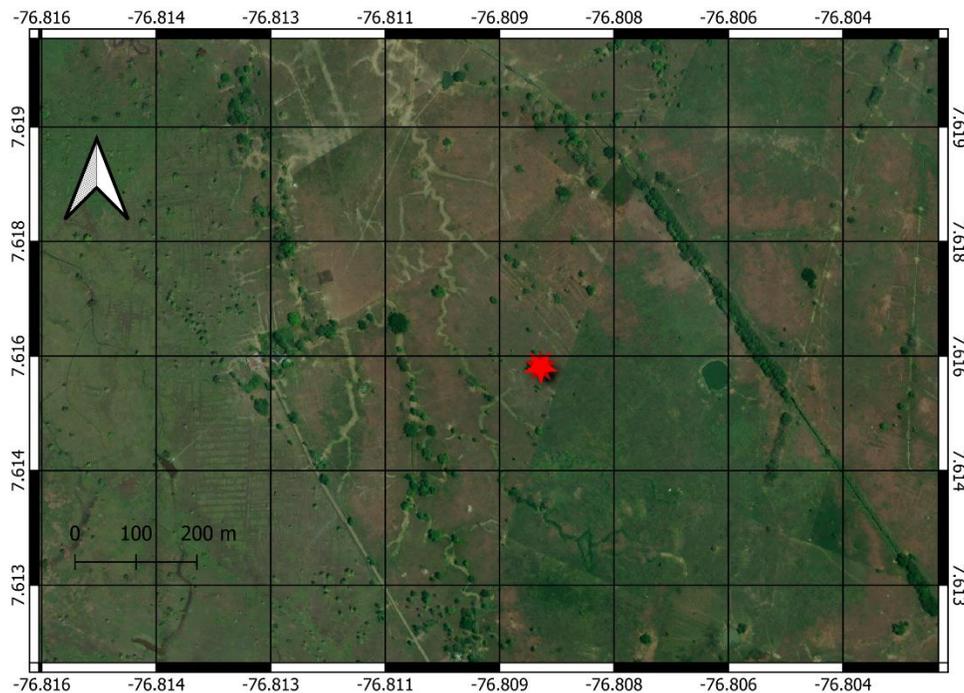
**7.6 Metodología campo arqueología**

En el sitio arqueológico El Vergel ubicado en predios de la finca el Vergel, municipio de Turbo, se excavó una trinchera de 1x8 m. Coordenadas N: 7° 36.951' / O: 76° 48.527'. Este sitio fue elegido por la buena conservación de las estructuras hidráulicas (Fig. 10). No obstante, a causa de la orden de confinamiento en 2020 por la pandemia Sars-Cov2, el sector norte de la trinchera se excavó hasta los 50 cm de profundidad mientras que el sector sur se excavó hasta profundidades entre 100 – 130 cm de profundidad. A partir de los 130 cm se continuó la excavación por medio de barreno hasta llegar a los 230 cm. La trinchera cubrió transversalmente dos camellones y un canal de las estructuras hidráulicas. Se realizó una excavación controlada por niveles

predeterminados de 5 cm. La parte superior del suelo estaba altamente compactada y los niveles inferiores presentaron procesos de oxidoreducción.

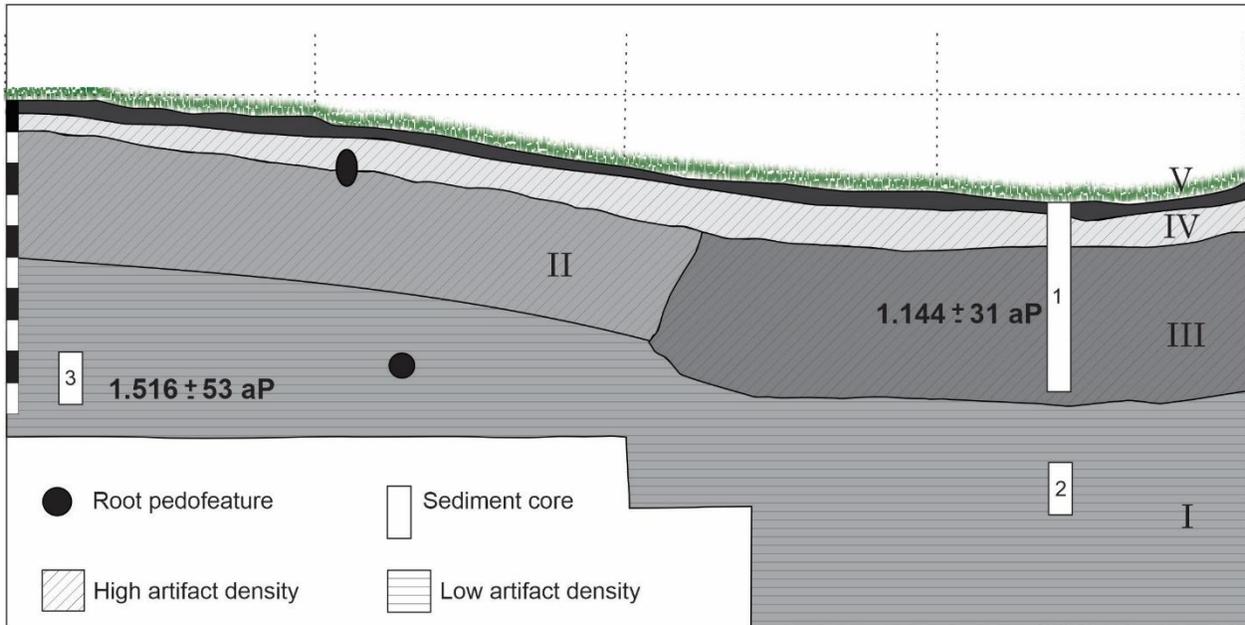
### Figura 10

#### Mapa excavación sitio El Vergel



*Nota.* Construcción propia a partir de imagen de Google Earth, ajustada al sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Oeste. El punto rojo indica el corte excavado en el sitio arqueológico El Vergel en predios de la finca el Vergel, vereda Lomas Aisladas, municipio de Turbo.

Se extrajo una canaleta con sedimento del canal excavado entre los cm 1 - 59 (Fig. 11), ya que se considera que esas estructuras canalizaron los cuerpos de agua prehispánicos y que, por tanto, debieron soportar procesos de sedimentación que incluyeron a las diatomeas. Los materiales extraídos del corte se registraron en fichas y se depositaron en bolsas plásticas que se rotularon en campo. Se realizaron fotografías de cada una de las plantas del corte y de cada uno de los perfiles. La canaleta extraída del corte para el análisis de diatomeas se envolvió en vinilpel con el fin de conservarla en el mejor estado posible. Al llegar a Medellín, con el fin de conservar la muestra mientras se daba inicio a los análisis, esta se depositó en un refrigerador a 4°C aprox. en el Laboratorio de Arqueología de la Universidad de Antioquia.

**Figura 11***Perfil estratigráfico corte El Vergel*

*Nota.* Fuente Posada (2022).

**7.7 Laboratorio**

El procedimiento de laboratorio para la extracción de las muestras de sedimento para análisis diatomológicos se ejecutó de la siguiente forma:

1. Se desarrolló la canaleta con cuidado procurando mantenerla en posición horizontal.
2. Se utilizaron guantes, y una jeringa quirúrgica para la extracción de  $2 \text{ cm}^3$  de muestra. La extracción de las muestras se realizó cada 2 cm. Por cada muestra extraída se aplicó un lavado a la jeringa y un lavado de manos con el fin de no contaminar una nueva muestra con residuos de la anterior.
3. Las muestras se depositaron cada una en una bolsa hermética y se rotularon con la siguiente información: nombre del proyecto, tipo de muestreo (canaleta canal), nombre del sitio arqueológico, número del corte, nomenclatura del horizonte pedológico y el centímetro al que pertenece la muestra dentro de la canaleta.

Luego de extraer todas las muestras de la canaleta, se seleccionaron 20 de ellas para realizar la lectura de diatomeas (Fig. 12). Las muestras para análisis de diatomeas correspondían a unidades

estratigráficas con presencia de materia orgánica y de artefactos, no obstante, las muestras de diatomeas también se tomaron de niveles anteriores y posteriores a las ocupaciones humanas del sitio arqueológico. En total, se colectaron 23 muestras entre sedimento y muestras de agua actuales de los sitios ya mencionados.

### Figura 12

#### *Muestras extraídas de la canaleta*



*Nota.* Fotografía por Sergio A. González Avendaño

El procedimiento en laboratorio (Fig. 13) para el procesamiento de las muestras de agua y de sedimento se realizó de con base en lo propuesto por Simonsen (1974) citado en Segecin et al. (1999), aplicándole algunas adecuaciones al protocolo para los sedimentos del sitio arqueológico:

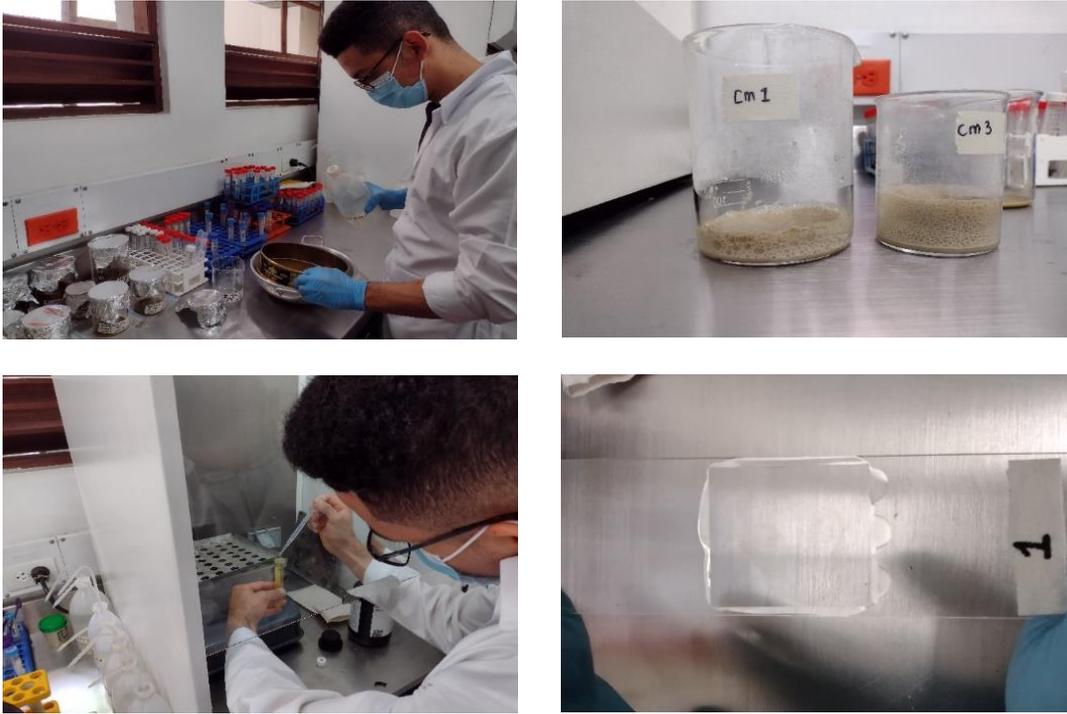
1. Se tomaron 2 cm<sup>3</sup> de muestra, se dispersaron mecánicamente. Luego, se dispersaron químicamente con Pirofosfato de Sodio en relación 1:3. 1cm de cada muestra procesada se envió a la Universidad del Amazonas.
2. Las muestras con presencia de raíces fueron sometidas a un proceso de filtración con mallas de 250 µm para eliminar raíces. Luego de que se decantara la muestra en un recipiente, se

lavó la malla con agua destilada con el fin de recuperar las diatomeas que pudieran haberse quedado en ella.

3. A las muestras se les aplicaron tres (3) lavados con agua destilada para eliminar el Pirofosfato de Sodio. Luego de cada lavado, cada una de las muestras se dejó sedimentar de forma natural durante 24 h (no se usó centrifuga). Después de cada lavado se agregaron dos (2) gotas de alcohol a las muestras para disminuir la tensión superficial del agua y acelerar el proceso de sedimentación. Los biker se taparon con papel aluminio para evitar que les entrara suciedad. Cada lavado se realizó con un intervalo de 24h.

*Nota:* para las muestras de agua actuales, se realizaron tres (3) lavados iniciales con intervalos de 24h para eliminar el Lugol (fijador).

4. Se atacaron las muestras con  $H_2O_2$  al 30% en relación 10:1 debido a la alta cantidad de materia orgánica que presentaron los centímetros superficiales. Las muestras se hirvieron en baño maría durante el ataque para acelerar la reacción del Peróxido de Hidrógeno. Al disminuir la reacción, se agregó HCL al 98% en relación 1:3 con el fin de eliminar la posible presencia de carbonatos. Luego de agregar el HCL, se sacaron las muestras del baño maría, se taparon y se dejaron enfriar y sedimentar a temperatura ambiente por 24 h antes de iniciar con los lavados.
5. Se realizaron seis (6) lavados a cada muestra para eliminar residuos de  $H_2O_2$  y de HCL. Cada lavado se ejecutó con un intervalo de 24 h. Luego de cada lavado, se agregaron dos (2) gotas de alcohol a las muestras para disminuir la tensión superficial del agua y acelerar el proceso de sedimentación y se dejaron sedimentar de forma natural durante 24 h.
6. Luego de los seis lavados, se depositaron las muestras en tubos de ensayo de 14 ml y se fijaron con diez (10) gotas de alcohol etílico al 50%.
7. De cada muestra se tomó una cantidad de 10 microlitros y se procedió con el montaje de placas usando Entellan™.

**Figura 13***Procedimiento laboratorio*

*Nota.* Fotografías columna izquierda por William Posada Restrepo. Fotografías columna derecha por Sergio A. González Avendaño. En la fotografía superior izquierda se observa el filtrado de las muestras que presentaban raíces. En la fotografía inferior izquierda se observa el proceso de fijación de la muestra procesada con etanol al 50%. En la fotografía superior derecha se observa la reacción de las muestras al ataque con  $H_2O_2$ . En la fotografía inferior derecha se observa la placa contada y sellada con Entellan.

La localización de diatomeas en las placas se realizó con un microscopio óptico Olympus CX41 con un aumento inicial de 40 X y su identificación se realizó con el mismo microscopio en un aumento de 100 X a partir de fotografías tomadas con la cámara integrada del microscopio AxioCam ERc 5s. Para la identificación de las diatomeas se tuvieron en cuenta las características de las valvas: ámbito, largo, ancho, número de estrías en 10  $\mu m$ , presencia o ausencia de campos porosos, disposición de las estrías, entre otros. La identificación se fundamentó en bibliografía taxonómica especializada en diatomeas (Autoridad del Canal de Panamá & Universidad de Panamá, 2012; Bes et al., 2012; Bustos et al., 2017; Da silva et al., 2016; França et al., 2017; Franco da Costa, 2015; Freiberger, 2005; Furey, 2008; Heinrich et al., 2019; Hustedt, 1949; Krammer, 1997a; Krammer, 2002; Krammer & Lange-Bertalot, 1986; Krammer & Lange-Bertalot, 1988; Lange-Bertalot, 1993; Lange-Bertalot, 2007; Lange Bertalot et al., 2011; Lange-Bertalot & Metzeltin, 1996; Lange-Bertalot & Rumrich, 2000; Leira, et al., 2017; Madeiros et al., 2018;

---

Maltsev & Kulikovskiy, 2017; Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998; Montoya et al., 2012; Patrick & Reimer, 1966; Peszek et al., 2021; Rosa et al., 2021; Rybak et al., 2018; Schulz et al., 2016; Silver & Baskette, 2004; Silver & Hamilton, 2011; Solak & Wojtal, 2012; Soler et. al., 2012; Sousa et al., 2021; Spaulding et al., 2021; Taboada et al., 2017; Toledo & Comas, 2013; Tremarin et al., 2010; Tylor et al., 2007; Vouilloud et al., 2010).

En las placas de muestras de diatomeas actuales se leyeron 800 campos equivalentes a la mitad de la placa, esto, con el fin de identificar la mayor cantidad de especies de diatomeas posible para la colección de referencia. Por su parte, entendiendo que las diatomeas de las placas de sedimento son más escasas se realizó un censo total de las placas montadas. De cada una de estas placas se montaron tres réplicas con el fin de hacer un conteo fiable.

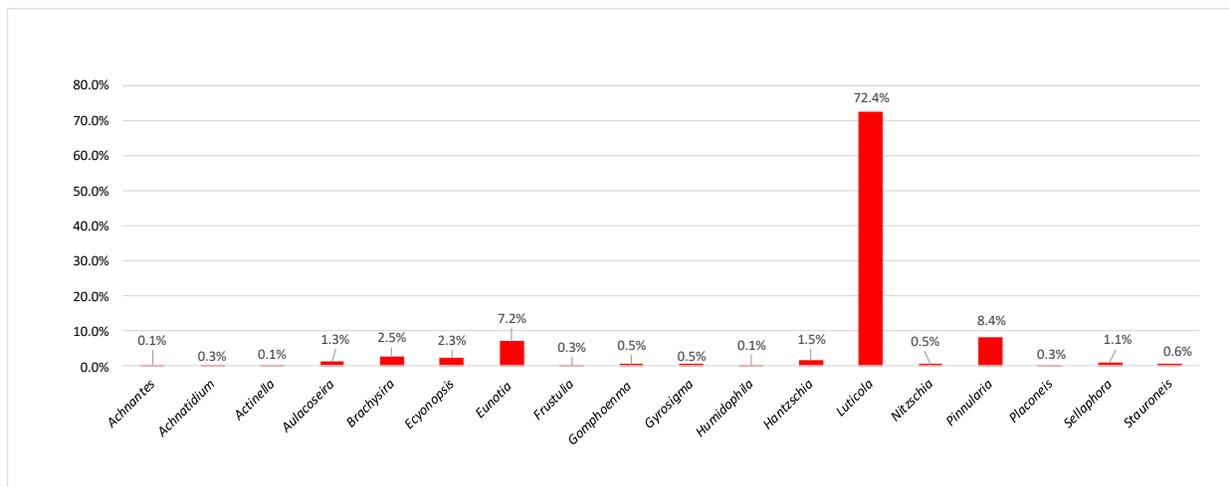
Solo se cuantificaron las valvas enteras o que presentaban más de un 60% de integridad para evitar un doble conteo (Morales, 2004), en las placas correspondientes a las muestras de sedimentos donde no se encontraron diatomeas, se cuantificaron los fragmentos y se describió su tamaño, grado de corrosión, además de relacionar algunas estructuras corroídas asociadas a cada nivel. Se cuantificó por especies, aunque en las muestras de sedimento no se obtuvieron más de 255 valvas.

## 8 Resultados

### 8.1 Diatomeas El Vergel

En la muestra de la canaleta del corte del sitio El Vergel se identificaron un total de 51 especies (incluidas las *spp.*) (tablas 1 y 2) agrupadas en 18 géneros (Fig. 14). A partir de la distinción de los ensambles de diatomeas a través de la secuencia del relleno del canal, se definieron dos unidades nombradas de base a techo como “zona A” del cm 230 al cm 25 y “zona B” del cm 21 al cm 1.

**Figura 14**  
*Porcentajes géneros diatomeas El Vergel*



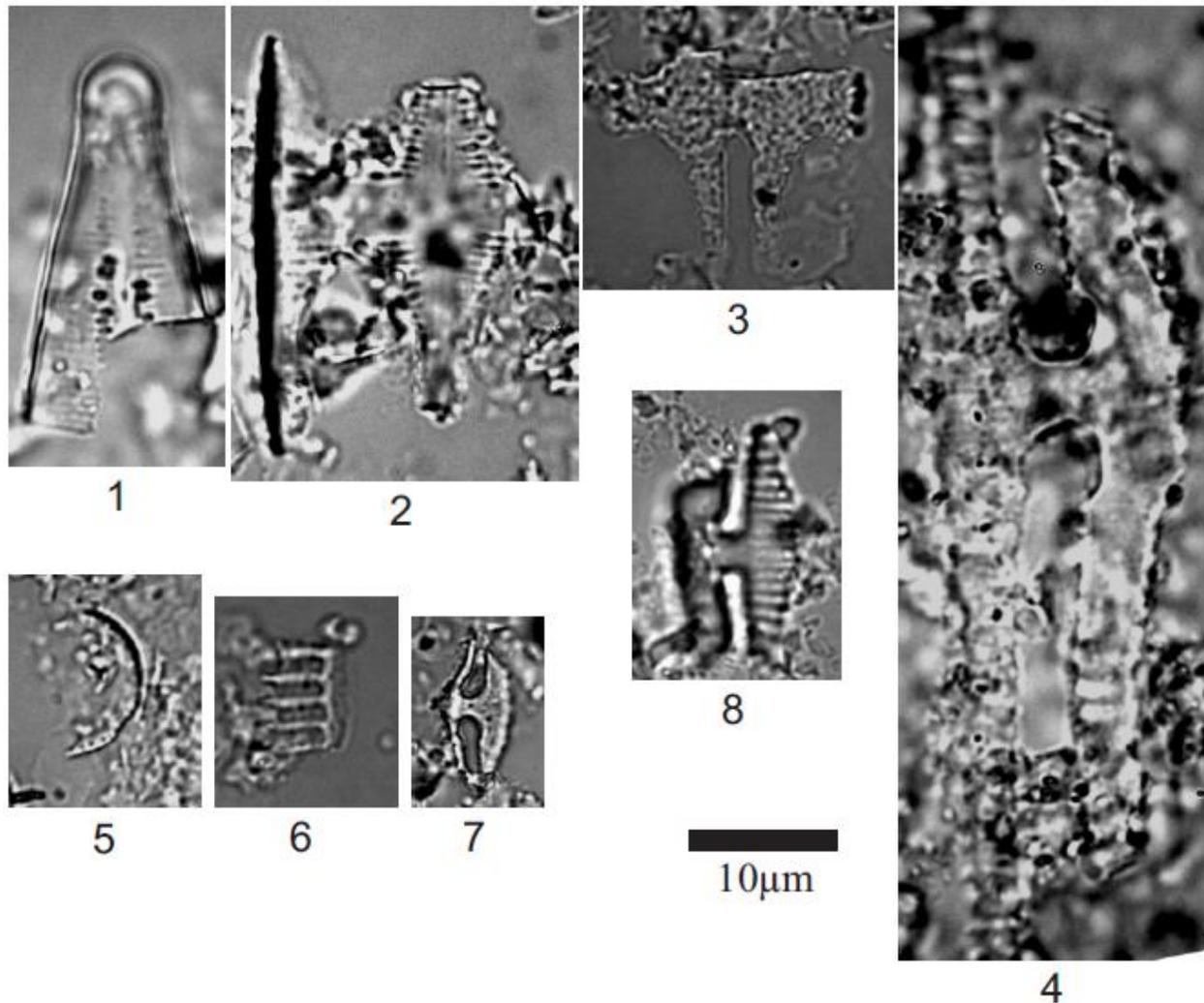
*Nota. Elaboración propia.*

En la zona A se identificó un total de 13 diatomeas asociadas a fragmentos que evidenciaban procesos de disolución y fragmentación. Entre las diatomeas observadas, las centrales predominaron a lo largo de toda la secuencia, el género dominante fue *Aulacoseira* con el 45 % del total de las diatomeas y distribuidas a lo largo del perfil. De este grupo algal se observaron estructuras de resistencia hacia los centímetros 59 y 35. El segundo género con mayor abundancia fue *Gyrosigma cf. scalproides* con el 18 % de las diatomeas y ubicadas solo en los niveles más

profundos correspondientes a los centímetros 100 y 230. La presencia de un 9 % de *Eunotia cf. monodon* y 9 % de *cf. Actinella* no fue muy representativa. Distribuidos a lo largo de la secuencia se observan varios fragmentos de diatomeas (*Pinnularia*, *Stauroneis*, *Eunotia* y algunas espículas de esponja) con poca conservación debido a procesos de disolución y fragmentación (Fig. 15). También se registró en muy baja proporción la laminación de valvas (Fig. 16).

### Figura 15

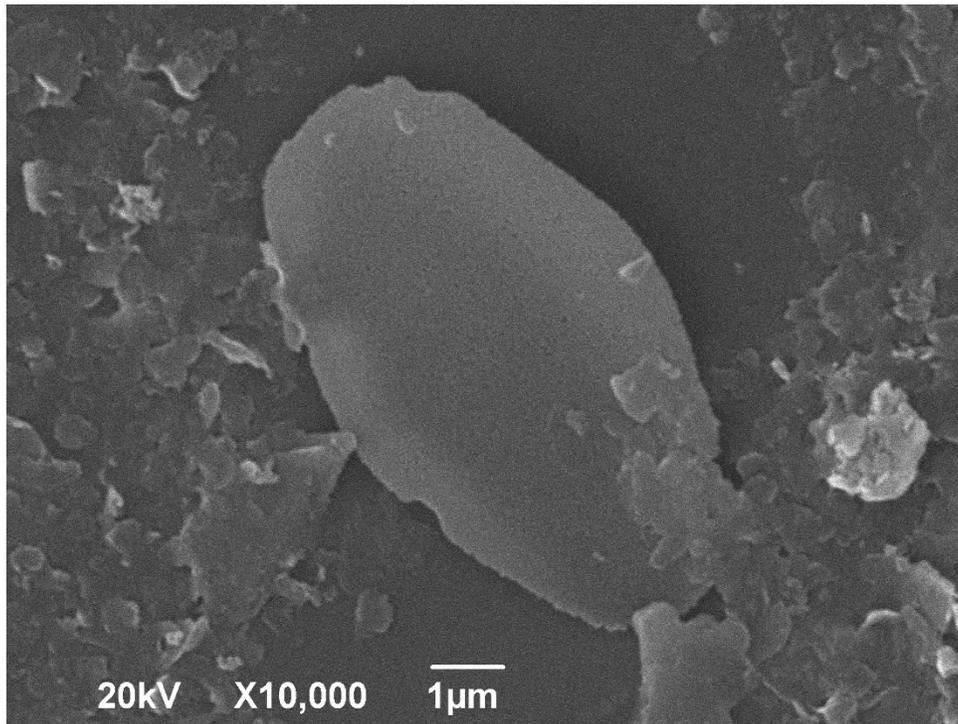
*Diatomeas disueltas y fragmentadas El Vergel*



*Nota.* Figuras 1-4 y 7-8: diatomeas de la zona A con rasgos de disolución. Figuras 5 y 6: diatomeas de la zona A fragmentadas. Elaboración propia.

**Figura 16**

*Valva con avanzado proceso de laminación*



*Nota.* Fotografía Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), tomada en el Centro de Microscopía Avanzada (CAM) de la Universidad de Antioquia.

En la zona B en el nivel 21 se identificaron *Aulacoseira spp.*, junto con *Luticola incana* y *Pinnularia borealis*, cada una representando el 33 % del total de diatomeas de la muestra. En el cm 19 se observó solo la presencia de una sola valva de *Aulacoseira spp.*, mientras que en el cm 17 se registró la presencia de 18 individuos de los géneros *Luticola*, *Pinnularia* y *Eunotia* con abundancias de 83 %, 11 % y 5 % respectivamente. En este nivel se presentó la expansión de *Luticola acidoclinata* con una abundancia del 50 % del total de las diatomeas y una reducción total de *Aulacoseira spp.*

En el cm 15 se registró la presencia de *Luticola acidoclinata*, *Brachysira spp.*, y *Pinnularia borealis*, cada una con el 33 % del total de la muestra. No obstante, se encontraron algunos ápices de *Nitzschia spp.* Mientras que el cm 11 solo se encontraron 2 individuos correspondientes a los géneros *Luticola acidoclinata* y *Luticola incana*. En estos dos niveles se presentó un predominio de diatomeas de hábitat subaéreo y perifítico.

En el cm 7 se observó un aumento notable en el número de individuos con respecto a los niveles anteriores. Se contabilizó un total de 139 individuos correspondientes a los géneros: *Luticola*, *Pinnularia*, *Eunotia*, *Gomphonema*, *Nitzschia*, *Hantzschia*, *Stauroneis* y *Aulacoseira*. Entre ellos el género *Luticola* fue predominante con un 82 % del total de las muestras del nivel, mientras que *Pinnularia* fue el segundo género con 10 % del total de las diatomeas. Cada uno de los demás géneros no superaron el 2 % con respecto al total de la muestra. En este nivel se observó nuevamente la presencia de *Aulacoseira spp.*

En el nivel 5 se registraron 194 individuos correspondientes a los géneros: *Luticola*, *Eunotia*, *Sellaphora*, *Frustulia*, *Pinnularia*, *Stauroneis*, *Gomphonema*, *Nitzschia*, *Hantzschia* y *Encyonopsis*. El género *Luticola* fue el dominante con un 78 % del total de los individuos siendo *Luticola acidoclinata* la especie más abundante de todos los géneros con un 50 % del total de individuos. El segundo género más abundante fue *Eunotia* con un 9 % del total de los individuos de la muestra y *Eunotia subarcuatooides* con un total del 4 %. Cada uno de los demás géneros estuvieron por debajo del 2.5 % con respecto al total de la muestra.

En el nivel 3 se registraron 255 individuos pertenecientes a los géneros: *Pinnularia*, *Luticola*, *Frustulia*, *Nitzschia*, *Hantzschia*, *Eunotia*, *Sellaphora*, *Encyonopsis*, *Stauroneis*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Placoneis* y *Achnantes*. Entre ellas, los géneros predominantes fueron *Luticola*, *Pinnularia* y *Eunotia* con 61 %, 13 % y 12 % respectivamente. De estos géneros, las especies más abundantes con respecto al total de los individuos del nivel fueron *Luticola acidoclinata* 48 %, *Pinnularia oominensis* 3 % y *Eunotia intricans* 5 %. Cada uno de los demás géneros del nivel no sobrepasaron el 5 % con respecto al total de la muestra.

En el cm 1 se registraron 163 individuos pertenecientes a los géneros: *Luticola*, *Pinnularia*, *Achnantes*, *Achantidium*, *Nitzschia*, *Sellaphora*, *Encyonopsis*, *Eunotia* y *Gomphonema*. De estos géneros el más abundante fue *Luticola* con el 86 % del total de la muestra y *Luticola acidoclinata* la especie más abundante con el 46 % de individuos del total de la muestra; *Luticonia incana* presentó una abundancia del 18.4 % y *Luticola spp.1* representó el 5.5 % del total de la muestra. Cada una de las demás especies estuvieron por debajo del 5 % con respecto al total de la muestra.

En la tabla 1 se presentan las cantidades relativas por nivel de cada uno de los géneros y especies registrados en el relleno del canal del sitio El Vergel. Los porcentajes observados hacen



Especies diatomeas sitio El Vergel	Cm1	Cm3	Cm5	Cm7	Cm11	Cm15	Cm17	Cm19	Cm21	Cm25	Cm31	Cm35	Cm41	Cm51	Cm55	Cm59	Cm100	Cm180	Cm230	%	
<i>Pinnularia cf. divergens</i>	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6%
<i>Pinnularia cf. microstauron</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia cf. parvulissima</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia cf. viridiformis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia gibba</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4%
<i>Pinnularia microstauron</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3%
<i>Pinnularia cf. microstauron var. nonfasciata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia nobilis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia obscura</i>	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8%
<i>Pinnularia oominensis</i>	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0%
<i>Pinnularia parvulissima</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3%
<i>Pinnularia rumrichiae</i>	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4%
<i>Pinnularia subcapitata</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6%
<i>Pinnularia subcapitata var. subrostrata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia subgibba</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia spp.1</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia spp.2</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia spp.8</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4%
<i>Pinnularia spp.9</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Pinnularia spp.11</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3%
<i>Placoneis spp.1</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3%
<i>Sellaphora laevissima</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3%
<i>Sellaphora americana</i>	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9%
<i>Stauroneis cf. kriegerii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%
<i>Stauroneis spp.1</i>	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4%
<i>Stauroneis spp.2</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1%

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 2***Especies de diatomeas El Vergel*

<b>Especies corte El Vergel</b>	<b>Cantidad</b>
<i>Achnantes</i> spp. 1	1
<i>Achnantidium</i> spp. 1	2
<i>Aulacoseira</i> spp. 2	2
<i>Aulacoseira</i> spp. 3	1
<i>Aulacoseira</i> spp. 4	3
<i>Aulacoseira</i> spp. 5	1
<i>Aulacoseira</i> spp. 6	1
<i>Brachysira</i> spp. 1	1
<i>Brachysira</i> spp. 2	20
<i>Encyonopsis</i> spp. 1	6
<i>Encyonopsis</i> spp. 2	1
<i>Encyonopsis</i> spp. 3	4
<i>Encyonopsis</i> spp. 4	1
<i>Encyonopsis</i> spp. 5	3
<i>Encyonopsis</i> spp. 6	1
<i>Encyonopsis</i> spp. 7	1
<i>Eunotia juettnerae</i> Lange-Bertalot	4
<i>Eunotia intricans</i> Lange-Bertalot & Metzeltin	12
<i>Eunotia subarcuatooides</i> Alles; Nörpel & Lange-Bertalot	11
<i>Eunotia</i> cf. <i>rabenhorstii</i> var. <i>triodon</i> Cleve & Grunow	1
<i>Eunotia incisa</i> W. Smith ex W. Gregory	5
<i>Eunotia</i> cf. <i>incisa</i> W. Smith ex W. Gregory	6
<i>Eunotia</i> cf. <i>incisatula</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1
<i>Eunotia</i> cf. <i>paludosa</i> Grunow	2
<i>Eunotia flexuosa</i> (Brebisson) Kützing	1
<i>Eunotia</i> cf. <i>monodon</i> Ehrenberg	1
<i>Eunotia</i> spp. 1	1
<i>Eunotia</i> spp. 2	1
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brebisson ex W. Smith) Lange-Bertalot & Krammer	1
<i>Gomphonema</i> cf. <i>parvulum</i> (Kützing) Kützing	1
<i>Gomphonema</i> aff. <i>Gracile</i> Ehrenberg	1
<i>Gomphonema</i> spp. 1	1
<i>Gomphonema</i> spp. 3	1
<i>Gyrosigma</i> cf. <i>scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve	4
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	10
<i>Hantzschia</i> spp. 1	2
<i>Humidophila</i> spp.	1
<i>Luticola acidoclinata</i> Lange-Bertalot	372
<i>Luticola</i> cf. <i>acidoclinata</i> Lange-Bertalot	7
<i>Luticola incana</i> Levkov; Metzeltin & A. Pavlov	87
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann ex J. Rarick; S. Wu; S. S. Lee & Edlund	3

<i>Luticola aff. Goepfertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann ex J. Rarick; S. Wu; S. S. Lee & Edlund	11
<i>Luticola moaiorum</i> Peszek; M. Rybak; A. Witkowski & Lange-Bertalot	21
<i>Luticola cf. moaiorum</i> Peszek; M. Rybak; A. Witkowski & Lange-Bertalot	3
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann	1
<i>Luticola muticoides</i> (Hustedt) D. G. Mann	38
<i>Luticola cf. cohnii</i> (Hilse) D. G. Mann	12
<i>Luticola spp. 1</i>	12
<i>Luticola spp. 2</i>	3
<i>Luticola spp. 3</i>	1
<i>Luticola spp. 4</i>	1
<i>Navicula veneta</i> Kützing	3
<i>Nitzschia terrestris</i> (J. B. Petersen) Hustedt	2
<i>Nitzschia cf. palea</i> (Kützing) W. Smith	1
<i>Nitzschia spp. 1</i>	2
<i>Nitzschia spp. 8</i>	1
<i>Pinnularia acoricola</i> Hustedt	4
<i>Pinnularia aff. gibba</i> Ehrenberg	1
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	10
<i>Pinnularia braunii</i> Cleve	1
<i>Pinnularia cf. divergens</i> W. Smith	5
<i>Pinnularia cf. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	1
<i>Pinnularia cf. parvulissima</i> Krammer	1
<i>Pinnularia cf. viridiformis</i> Krammer	1
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	3
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	2
<i>Pinnularia cf. microstauron var. Nonfasciata</i> Krammer	1
<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske	6
<i>Pinnularia oominensis</i> Kobayasi	8
<i>Pinnularia parvulissima</i> Krammer	2
<i>Pinnularia rumrichiae</i> Krammer	3
<i>Pinnularia subcapitata</i> O. Müller	5
<i>Pinnularia subcapitata var. Subrostrata</i> Krammer	1
<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer	1
<i>Pinnularia spp. 1</i>	1
<i>Pinnularia spp. 2</i>	1
<i>Pinnularia spp. 8</i>	3
<i>Pinnularia spp. 9</i>	1
<i>Pinnularia spp. 11</i>	2
<i>Placoneis spp. 1</i>	2
<i>Sellaphora laevissima</i> (Kützing) D. G. Mann	2
<i>Sellaphora americana</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	7
<i>Stauroneis spp. cf. kriegerii</i> Patrick	1
<i>Stauroneis spp. 1</i>	3
<i>Stauroneis spp. 2</i>	1

Nota. Elaboración propia.

## 8.2 Diatomeas El Congo

En la laguna muestreada ubicada en la finca El Congo se contabilizaron un total de 304 diatomeas perifíticas correspondientes a una de las macrófitas flotantes más abundantes *Ludwigia helminthorrhiza*. Los datos arrojados por el multiparámetro en campo se observan a continuación en la tabla 3.

**Tabla 3**

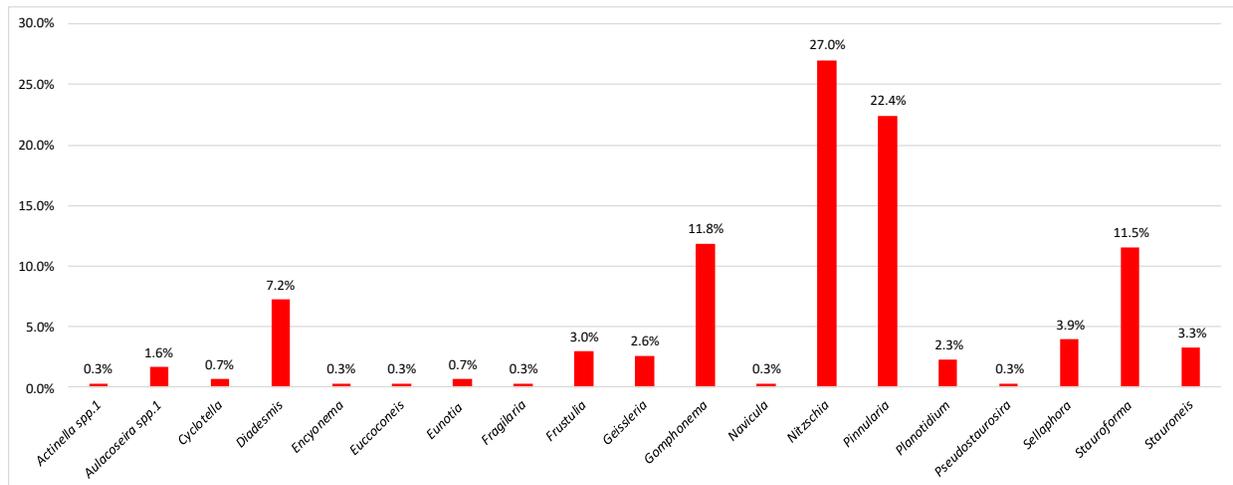
*Parámetros físico-químicos El Congo*

<b>Datos Multiparámetro El Congo</b>
Oxígeno Disuelto: 11.45 mg/L
Conductividad: 64
Unidades Prácticas de Salinidad: 0.03
pH: 7,05
Profundidad disco Secchi: 12 cm
Temperatura en agua: 30°C
Temperatura en aire: 29°C

*Nota.* Elaboración propia a partir de datos tomados con multiparámetro.

En el ensamble de diatomeas de la laguna se identificaron 55 especies (incluidas las *spp.*) (tabla 5) agrupadas en 20 géneros (Fig. 17). Los géneros predominantes fueron: *Nitzschia* 27 %, *Pinnularia* 22.4 %, *Gomphonema* 11.8 %, *Stauroforma* 11.5 % y *Diadlesmis* 7.2 %, los demás géneros no superaron el 5% con respecto al total de la muestra. Del género *Nitzschia*, los individuos más abundantes fueron los denominados como *Nitzschia spp.1* y *Nitzschia spp.4* con el 11 % y el 10 % del total de la muestra respectivamente. Del género *Pinnularia* las especies que presentaron predominancia con respecto al total de la muestra fueron *Pinnularia spp.11* con el 7 %, *Pinnularia rumrichiae* con el 6 % y *Pinnularia microstauron* con el 3 %. Del género *Gomphonema* hubo predominancia de *Gomphonema cf. gracile*, *Gomphonema angustatum* y *Gomphonema affine* con el 3 %, 3 % y 2 % respectivamente respecto al total de la muestra. *Stauroforma spp.1* tuvo una representación del 11.5 % respecto al total de la muestra. *Diadlesmis confervacea* presentó un 7.2 % respecto al total de la muestra.

**Figura 17**  
*Porcentajes géneros diatomeas El Congo*



*Nota.* Elaboración propia.

El ensamble de diatomeas que se observó en El Congo, presenta una marcada diferencia con lo observado en el muestreo de río León y de El Vergel (Figs. 14 y 18). Este es un cuerpo de agua léntico poco profundo, altamente eutrofizado y con alto potencial de bioturbación debido a la ganadería que se presenta en la zona. Sus aguas son mezcladas constantemente por las corrientes eólicas que golpean el cuerpo de agua en la superficie. A continuación, se presentan los resultados de los análisis químicos del cuerpo de agua de la laguna El Congo realizados en CORPOURABA.

**Tabla 4**

*Resultados parámetros químicos laguna El Congo. Realizado en el Laboratorio de Análisis de Aguas de CORPOURABA*

Parámetro	Mét. Analítico	Técnica	Valor	Unidad
Nitrito	SM 4500-NO <sub>2</sub> - B	Colorimétrico	0,015	mg NO <sub>2</sub> - N/L
Sólidos Disueltos	SM 2540 C	gravimétrico secado a 180° C	45	mg/L
pH	SM 4500-H+ B	Electrométrico	7,05	Unidades de pH
Nitrógeno Amoniacal	SM 4500-NH <sub>3</sub> F	Método Fenato	3,09	mg NH <sub>3</sub> -N/L
DBO <sub>5</sub>	SM 5210 B, ASTM D888-18 e1 Método C	Incubación a 5 días y Sensor Luminiscencia	3,95	mg O <sub>2</sub> /L
DQO	SM 5220 D	Reflujo Cerrado, Colorimétrico	< 50	mg O <sub>2</sub> /L
Fósforo reactivo (ortofosfatos)	SM 4500-P E	Ácido Ascórbico	0,25	mg PO <sub>4</sub> -P/L
Sólidos suspendidos totales	SM 2540 D	Secado a 103-105°C	95	mg/L
Fósforo total	SM 4500-P B, E	Digestión Ácido Nítrico - Ácido sulfúrico - Ácido Ascórbico	< 0,1	mg P/L
Nitrato	SM 4500-NO <sub>3</sub> - E	Reducción con cadmio	0,24	mg NO <sub>3</sub> - N/L
Nitrógeno total	ASTM D 5176-08 (reap. 2015)	Quimioluminiscencia	7,66	mg N/L
Sólidos totales	SM 2540 B	Secado a 103-105°C	126	mg/L

*Fuente.* Laboratorio de Análisis de Aguas de CORPOURABA.

**Tabla 5***Especies de diatomeas El Congo*

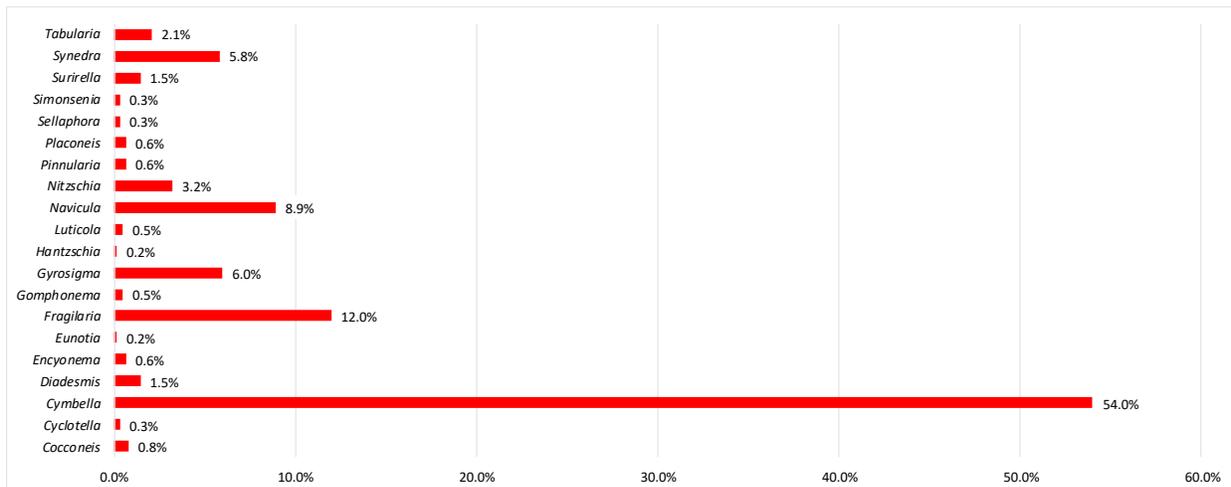
<b>Especies perífíticas El Congo</b>	<b>Cantidad</b>
<i>Actinella spp.1</i>	1
<i>Aulacoseira spp.1</i>	5
<i>Cyclotella cf. meneghiniana</i> Kützing	2
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing	22
<i>Encyonema cf. jemtlandicum</i> Krammer	1
<i>Euccoconeis spp.1</i>	1
<i>Eunotia cf. incisa</i> W. Smith ex W. Gregory	1
<i>Eunotia cf. veneris</i> (Kützing) De Toni	1
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	1
<i>Frustulia krammeri</i> Lange Bertalot & Metzeltin	2
<i>Frustulia rostrata</i> Hustedt	2
<i>Frustulia spp.1</i>	2
<i>Frustulia spp.2</i>	3
<i>Geissleria spp.1</i>	8
<i>Gomphonema aff. gracile</i> Ehrenberg	1
<i>Gomphonema aff. graciloides</i> Hustedt	4
<i>Gomphonema affine</i> Kützing	5
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	9
<i>Gomphonema augur var. sphaerophorum</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot	2
<i>Gomphonema cf. gracile</i> Ehrenberg	10
<i>Gomphonema cf. pseudoaugur</i> Krammer	1
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	3
<i>Gomphonema spp.1</i>	1
<i>Navicula cf. antonii</i> Lange-Bertalot	1
<i>Nitzschia cf. goetzeana</i> O. Müller	1
<i>Nitzschia cf. sigma</i> (Kützing) Smith	4
<i>Nitzschia spp.1</i>	32
<i>Nitzschia spp.2</i>	1
<i>Nitzschia spp.3</i>	10
<i>Nitzschia spp.4</i>	30
<i>Nitzschia spp.5</i>	2
<i>Nitzschia spp.6</i>	2
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W. Smith	1
<i>Pinnularia brauniana var. sanctipaulensis</i> Rocha & Bicudo	1
<i>Pinnularia cf. certa</i> Krammer & Metzeltin	1
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	1
<i>Pinnularia latevittata</i> Cleve	1
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	9
<i>Pinnularia oominensis</i> Kobayasi	1
<i>Pinnularia rumrichiae</i> Krammer	17
<i>Pinnularia cf. saphrophila</i> Lange-Bertalot; H. Kobayasi and Krammer	3

<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer	1
<i>Pinnularia</i> spp.1	4
<i>Pinnularia</i> spp.2	2
<i>Pinnularia</i> spp.3	2
<i>Pinnularia</i> spp.4	1
<i>Pinnularia</i> spp.5	1
<i>Pinnularia</i> spp.6	1
<i>Pinnularia</i> spp. 11	21
<i>Planotidium</i> spp.1	7
<i>Pseudostaurosira</i> spp.1	1
<i>Sellaphora americana</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	10
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	2
<i>Stauriforma</i> spp.1	35
<i>Stauroneis</i> cf. <i>ancepsfallax</i> L. L. Bahls	10

Nota. Elaboración propia.

### 8.3 Diatomeas río León

En el ensamble de diatomeas de río León se identificaron 38 especies (incluidas las *spp.*) (Tabla. 7) agrupadas en 20 géneros (Fig. 18). Los géneros predominantes del ensamble de diatomeas del perifiton del río León fueron: *Cymbella* con el 54 %, *Fragilaria* con el 12 %, *Navicula* con el 8.9 %, *Gyrosigma* 6 % y *Synedra* 5.8 %. Los demás géneros no superaron el 5 % con respecto al total de la muestra. De estos géneros, las especies con mayor representatividad fueron: *Cymbella turgidula* 19.3 %, *Cymbella* cf. *Kolbei* 12.3 %, *Cymbella trópica* 11.7 % y *Cymbella scutariana* 5.7 %. El género *fragilaria* estuvo representado en mayor medida por *Fragilaria* aff. *Biceps* con 11.5 %. Del género *Navicula* las especies con mayor proporción fueron *Navicula* cf. *viridula* var. *Germanii* con 2.8 %, *Navicula rostellata* 2.4 % y *Navicula* cf. *Symmetrica* con 2.3 %. *Gyrosigma* spp. 1 representó el 6 % del total de la muestra y *Synedra goulardi* el 5 % del total de la muestra (Fig. 18).

**Figura 18***Porcentajes géneros diatomeas río León*

*Nota.* Elaboración propia.

El ensamble de diatomeas del río León presentó marcadas diferencias con respecto a los observados en los muestreos anteriores. Cabe recalcar que este es un cuerpo lótico que recoge aguas de diversos afluentes en su parte alta. Presentó bioturbación por parte de las personas que usan el lugar como sitio de recreo. Se observó la presencia de ictiofauna y un caudal bajo debido a la temporada seca. A continuación, se presentan los datos obtenidos a partir de la medición con multiparámetro.

**Tabla 6***Parámetros físico-químicos río León*

<b>Datos Multiparámetro Río León</b>
Oxígeno disuelto: 12.05 mg/L
Conductividad: 180
Unidades Prácticas de Salinidad: 0.08
Profundidad Secchi: 49 cm
Temperatura en aire: 29°C

*Nota.* Elaboración propia a partir de medición con multiparámetro.

**Tabla 7***Especies de diatomeas río León*

<b>Especies perifíticas río León</b>	<b>Cantidad</b>
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg	4
<i>Cocconeis cf. placentula</i> var. <i>Lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	1
<i>Cyclotella cf. meneghiniana</i> Kützing	2
<i>Cymbella cf. kolbei</i> Hustedt	76
<i>Cymbella cf. turgidula</i> Grunow	20
<i>Cymbella excisa</i> Kützing	4
<i>Cymbella scutariana</i> Krammer	35
<i>Cymbella tropica</i> Krammer & Metzeltin	72
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	7
<i>Cymbella turgidula</i> Grunow	119
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing	9
<i>Encyonema vulgare</i> Krammer	4
<i>Eunotia cf. bidens</i> Ehrenberg	1
<i>Fragilaria aff. biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot	71
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	3
<i>Gomphonema cf. pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	2
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	1
<i>Gyrosigma spp. 1</i>	37
<i>Hantzschia spp. 2</i>	1
<i>Luticola lancettula</i> Z. Levkov, D. Metzeltin & A. Pavlov	3
<i>Navicula cf. Symmetrica</i> (Patrick, 1944)	14
<i>Navicula cf. viridula</i> var. <i>Germanii</i> (Wallace) Lange-Bertalot	17
<i>Navicula rostellata</i> (Kützing) Cleve	15
<i>Navicula spp. 1</i>	6
<i>Navicula spp. 2</i>	3
<i>Nitzschia cf. Capitellata</i> Hustedt	18
<i>Nitzschia spp. 7</i>	2
<i>Pinnularia divergens</i> W. Smith	1
<i>Pinnularia latevittata</i> Cleve	2
<i>Pinnularia spp. 10</i>	1
<i>Placoneis clementis</i> (Grunow) E. J. Cox	3
<i>Placoneis spp. 2</i>	1
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	2
<i>Simonsenia spp. 1</i>	2
<i>Surirella cf. splendoides</i> Hustedt	9
<i>Synedra cf. goulardii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow	5
<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow	31
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. M. Williams & Round	13

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 8***Presencia/ausencia de diatomeas en los tres puntos de muestreo*

Espece	El Congo	Río León	El Vergel
<i>Achnanthes</i> spp. 1			P
<i>Achnantidium</i> spp. 1			P
<i>Actinella</i> spp. 1	P		
<i>Aulacoseira</i> spp. 1	P		
<i>Aulacoseira</i> spp. 2			P
<i>Aulacoseira</i> spp. 3			P
<i>Aulacoseira</i> spp. 4			P
<i>Aulacoseira</i> spp. 5			P
<i>Aulacoseira</i> spp. 6			P
<i>Brachysira</i> spp. 1			P
<i>Brachysira</i> spp. 2			P
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg		P	
<i>Cocconeis</i> cf. <i>placentula</i> var. <i>Lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck		P	
<i>Cyclotella</i> cf. <i>meneghiniana</i> Kützing	P	P	
<i>Cymbella</i> cf. <i>kolbei</i> Hustedt		P	
<i>Cymbella</i> cf. <i>turgidula</i> Grunow		P	
<i>Cymbella excisa</i> Kützing		P	
<i>Cymbella scutariana</i> Krammer		P	
<i>Cymbella tropica</i> Krammer & Metzeltin		P	
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck		P	
<i>Cymbella turgidula</i> Grunow		P	
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing	P	P	
<i>Encyonema</i> cf. <i>jemtlandicum</i> Krammer	P		
<i>Encyonema vulgare</i> Krammer		P	
<i>Encyonopsis</i> spp. 1			P
<i>Encyonopsis</i> spp. 2			P
<i>Encyonopsis</i> spp. 3			P
<i>Encyonopsis</i> spp. 4			P
<i>Encyonopsis</i> spp. 5			P
<i>Encyonopsis</i> spp. 6			P
<i>Encyonopsis</i> spp. 7			P
<i>Euccoconeis</i> spp. 1	P		
<i>Eunotia</i> cf. <i>bidens</i> Ehrenberg		P	
<i>Eunotia</i> cf. <i>incisa</i> W. Smith ex W. Gregory	P		P
<i>Eunotia</i> cf. <i>incisatula</i> Metzeltin & Lange-Bertalot			P
<i>Eunotia</i> cf. <i>monodon</i> Ehrenberg			P
<i>Eunotia</i> cf. <i>paludosa</i> Grunow			P
<i>Eunotia</i> cf. <i>rabenhorstii</i> var. <i>Triodon</i> Cleve & Grunow			P
<i>Eunotia</i> cf. <i>veneris</i> (Kützing) De Toni	P		
<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson) Kützing			P
<i>Eunotia incisa</i> W. Smith ex W. Gregory			P
<i>Eunotia</i> cf. <i>intricans</i> Lange-Bertalot & Metzeltin			P
<i>Eunotia juettnerae</i> Lange-Bertalot			P
<i>Eunotia subarcuatoidea</i> Alles; Nörpel & Lange-Bertalot			P
<i>Eunotia</i> spp. 1			P
<i>Eunotia</i> spp. 2			P
<i>Fragilaria</i> aff. <i>biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot		P	
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	P	P	
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W. Smith) Lange-Bertalot & Krammer			P
<i>Frustulia krammeri</i> Lange Bertalot & Metzeltin	P		
<i>Frustulia rostrata</i> Hustedt	P		

Especie	El Congo	Río León	El Vergel
<i>Frustulia</i> spp . 1	P		
<i>Frustulia</i> spp . 2	P		P
<i>Geissleria</i> spp . 1	P		
<i>Gomphonema</i> aff. <i>gracile</i> Ehrenberg	P		P
<i>Gomphonema</i> aff. <i>graciloides</i> Hustedt	P		
<i>Gomphonema</i> cf. <i>affine</i> Kützing	P		
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	P		
<i>Gomphonema augur</i> var. <i>sphaerophorum</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot	P		
<i>Gomphonema</i> cf. <i>gracile</i> Ehrenberg	P		
<i>Gomphonema</i> cf. <i>parvulum</i> (Kützing) Kützing			P
<i>Gomphonema</i> cf. <i>pseudoaugur</i> Lange-Bertalot		P	
<i>Gomphonema</i> cf. <i>pseudosugur</i> Krammer	P		
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	P	P	
<i>Gomphonema</i> spp . 1	P		
<i>Gomphonema</i> spp . 2			P
<i>Gyrosigma</i> cf. <i>scalpoides</i> (Rabenhorst) Cleve			P
<i>Gyrosigma</i> spp . 1		P	
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow			P
<i>Hantzschia</i> spp . 1			P
<i>Hantzschia</i> spp . 2		P	
<i>Humidophila</i> spp. (Lange-Bertalot & Werum) R. L. Lowe et al.			P
<i>Luticola acidoclinata</i> Lange-Bertalot			P
<i>Luticola</i> aff. <i>Goepfertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann ex J. Rarick; S. Wu; S. S. Lee & Edlund			P
<i>Luticola</i> cf. <i>acidoclinata</i> Lange-Bertalot			P
<i>Luticola</i> cf. <i>cohnii</i> (Hilse) D. G. Mann			P
<i>Luticola</i> cf. <i>moaiorum</i> Peszek; M. Rybak; A. Witkowski & Lange-Bertalot			P
<i>Luticola goepfertiana</i> (Bleisch) D. G. Mann ex J. Rarick; S. Wu; S. S. Lee & Edlund			P
<i>Luticola incana</i> Levkov; Metzeltin & A. Pavlov			P
<i>Luticola lancettula</i> Z.Levkov, D.Metzeltin & A.Pavlov		P	
<i>Luticola moaiorum</i> Peszek; M. Rybak; A. Witkowski & Lange-Bertalot			P
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann			P
<i>Luticola muticoides</i> (Hustedt) D. G. Mann			P
<i>Luticola</i> spp . 1			P
<i>Luticola</i> spp . 2			P
<i>Luticola</i> spp . 3			P
<i>Luticola</i> spp . 4			P
<i>Navicula</i> cf. <i>antonii</i> Lange-Bertalot	P		
<i>Navicula</i> cf. <i>Symmetrica</i> Patrick		P	
<i>Navicula</i> cf. <i>viridula</i> var. <i>Germanii</i> (Wallace) Lange-Bertalot		P	
<i>Navicula Rostellata</i> (Kützing) Cleve		P	
<i>Navicula veneta</i> Kützing			P
<i>Navicula</i> spp . 1		P	
<i>Navicula</i> spp . 2		P	
<i>Nitzschia terrestris</i> (J. B. Petersen) Hustedt			P
<i>Nitzschia</i> cf. <i>capitellata</i> Hustedt		P	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>goetzeana</i> O. Müller	P		
<i>Nitzschia</i> cf. <i>palea</i> (Kützing) W. Smith			P
<i>Nitzschia</i> cf. <i>sigma</i> (Kützing) W. Smith	P		
<i>Nitzschia</i> spp . 1	P		P
<i>Nitzschia</i> spp . 2	P		
<i>Nitzschia</i> spp . 3	P		
<i>Nitzschia</i> spp . 4	P		
<i>Nitzschia</i> spp . 5	P		
<i>Nitzschia</i> spp . 6	P		
<i>Nitzschia</i> spp . 7		P	
<i>Nitzschia</i> spp . 8			P

Especie	El Congo	Río León	El Vergel
<i>Pinnularia cf. acoricola</i> Hustedt			P
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W. Smith	P		
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	P		P
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg			P
<i>Pinnularia brauniana</i> var. <i>sanctipaulensis</i> Rocha & Bicudo	P		
<i>Pinnularia braunii</i> Cleve			P
<i>Pinnularia cf. certa</i> Krammer & Metzeltin	P		
<i>Pinnularia cf. divergens</i> W. Smith			P
<i>Pinnularia cf. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve			P
<i>Pinnularia cf. parvulissima</i> Krammer			P
<i>Pinnularia cf. saprophila</i> Lange-Bertalot; H. Kobayasi and Krammer	P		
<i>Pinnularia cf. viridiformis</i> Krammer			P
<i>Pinnularia divergens</i> W. Smith		P	
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg			P
<i>Pinnularia sff. latevittata</i> Cleve	P	P	
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve			P
<i>Pinnularia cf. microstauron</i> var. <i>nonfasciata</i> Krammer			P
<i>Pinnularia microstauron</i> Krammer	P		
<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg			P
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske			P
<i>Pinnularia oominensis</i> Kobayasi	P		P
<i>Pinnularia parvulissima</i> Krammer			P
<i>Pinnularia rumrichiae</i> Krammer	P		P
<i>Pinnularia subcapitata</i> O. Müller			P
<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>Subrostrata</i> Krammer			P
<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer			P
<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer	P		
<i>Pinnularia spp.</i> 1			P
<i>Pinnularia spp.</i> 2	P		P
<i>Pinnularia spp.</i> 3	P		
<i>Pinnularia spp.</i> 4	P		
<i>Pinnularia spp.</i> 5	P		
<i>Pinnularia spp.</i> 6	P		
<i>Pinnularia spp.</i> 7			P
<i>Pinnularia spp.</i> 8			P
<i>Pinnularia spp.</i> 9			P
<i>Pinnularia spp.</i> 10		P	
<i>Pinnularia spp.</i> 11			P
<i>Placoneis clementis</i> (Grunow) E. J. Cox		P	
<i>Placoneis spp.</i> 1			P
<i>Placoneis spp.</i> 2		P	
<i>Planotidium spp.</i> 1	P		
<i>Pseudostaurosira spp.</i> 1	P		
<i>Sellaphora americana</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	P		P
<i>Sellaphora laevisissima</i> (Kützing) D.G. Mann			P
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	P		
<i>Simonsenia spp.</i> 1		P	
<i>Stauriforma spp.</i> 1	P		
<i>Stauroneis cf. ancepsfallax</i> L. L. Bahls	P		
<i>Stauroneis cf. Kriegerii</i> Patrick			P
<i>Stauroneis spp.</i> 1			P
<i>Stauroneis spp.</i> 2			P
<i>Surirella cf. splendoides</i> Hustedt		P	
<i>Synedra cf. gouldardi</i> Brébisson ex Cleve & Grunow		P	
<i>Synedra gouldardi</i> Brébisson ex Cleve & Grunow		P	
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. M. Williams & Round		P	

Nota. Elaboración propia.

## 9 Interpretación paleoecológica del sitio arqueológico El Vergel

Para la laguna El Congo se registraron los siguientes datos medidos con multiparámetro: conductividad  $64 \mu\text{Scm}^{-1}$ , Oxígeno disuelto (OD)  $11.45 \text{ mgL}^{-1}$ , pH de 7.05 y profundidad secchi de 12 cm (tablas. 3 y 4). La profundidad secchi se atribuye a que el ecosistema es polimíctico cálido. Se atribuye esta condición a la laguna de acuerdo a lo observado en campo en el momento del muestreo (poca profundidad, influencia constante de corrientes eólicas que impactan el cuerpo de agua constantemente). Las diatomeas presentes en la laguna El Congo indican un cuerpo de agua mesotrófico a eutrófico, con pH de neutro a ácido con aguas ricas en electrolitos y conductividades entre  $5\text{-}180 \mu\text{Scm}^{-1}$ .

La presencia recurrente de *Nitzschia spp.*, en la laguna sugiere alta contaminación asociado al contenido de materia orgánica (Spaulding et al., 2021). La presencia de taxones como *Stauroneis cf. ancepsfallax*, *Sellaphora americana*, *Diademesis confervacea* y *Pinnularia rumrichiae* corrobora lo observado anteriormente, ya que en los trabajos de Montoya et al. (2012), Da Silva et al. (2016) y Spaulding et al. (2021), se registran para estas diatomeas rangos de pH entre 5.7-8.6 y conductividad de baja a moderada entre  $22\text{-}250 \mu\text{Scm}^{-1}$  y OD  $2.5\text{-}10.6 \text{ mgL}^{-1}$  y para la segunda se registró conductividad de  $48.0\text{-}162.8 \mu\text{Scm}^{-1}$ , pH de 5.7-7.4 y DO de  $2.5\text{-}10.6 \text{ mgL}^{-1}$ .

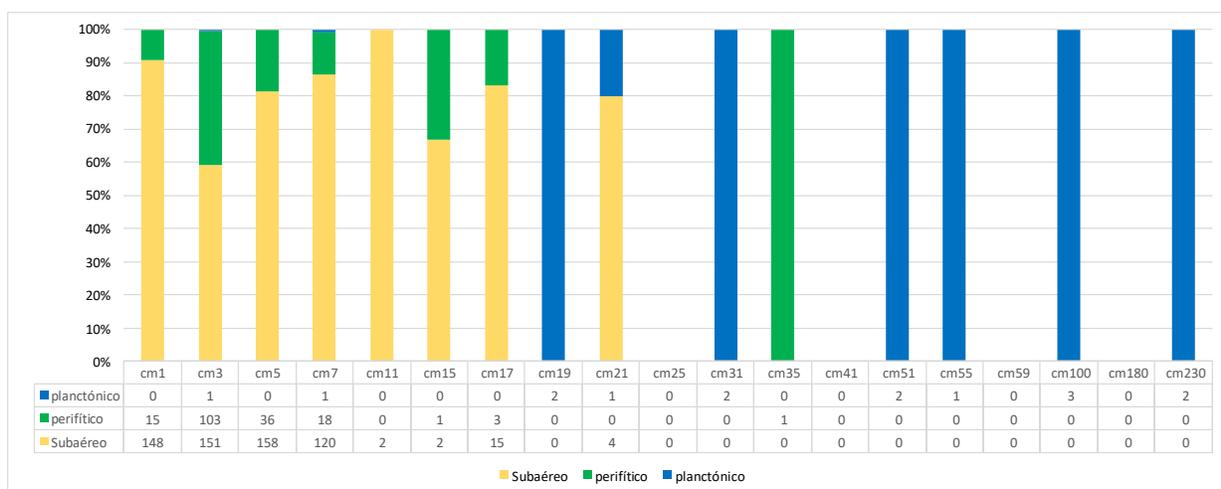
Con base en lo anterior se puede decir que, este es un cuerpo de agua de alta productividad con alta demanda de OD. De acuerdo con Roldán y Ramírez (2008), el agotamiento del  $\text{O}_2$  en la columna de agua se puede tener varias causas: oxidación de materia orgánica, contaminación de las aguas que agrega sustancias al cuerpo de agua cuyo espacio podría ser ocupado por las moléculas de  $\text{O}_2$ , entre otros. En la laguna El Congo con una demanda bioquímica de oxígeno de ( $\text{DBO}_5$ ) de  $3.95 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  se espera que la precipitación pluvial, la difusión del aire en el agua (que se hace mayor a altas temperaturas) y la fotosíntesis, aunados a la poca profundidad del cuerpo de agua permitan unos niveles óptimos de saturación de oxígeno para el desarrollo de macrófitas y microalgas como se registró con el multiparámetro. Por otro lado, el color pardo del cuerpo de agua puede deberse a la cantidad de materia orgánica en proceso de oxidación. Finalmente, los sólidos disueltos con valores de  $64 \mu\text{Scm}^{-1}$  se asocian con lo propuesto por Roldán y Ramírez (2008) indicando características del metabolismo acuático, ya que a bajas conductividades hay mayor cantidad de especies y viceversa.

Para río León se obtuvieron los siguientes datos a partir del multiparámetro: conductividad  $180 \mu\text{Scm}^{-1}$ , OD  $12.05 \text{ mgL}^{-1}$ , profundidad secchi 49 cm (Tabla. 6). A pesar de que en el río León no se pudo medir el pH, la presencia de *diadsmis confervacea*, *Synedra goulardi* y *Cymbella turgidula* de acuerdo con los trabajos de Montoya et al. (2012), Da Silva et al. (2010) y Othsuka, et al., (2007), indican rangos de pH entre 6.3-8.17 y cuerpos de agua meso a eutróficos. La conductividad de río León se atribuye a su ubicación y al progresivo aporte de iones por erosión del cauce, el arrastre de sedimentos y la escorrentía derivada de la lluvia, además de la actividad agrícola. El ligero aumento en el OD de río León  $12.05 \text{ mgL}^{-1}$  con respecto al de la laguna El Congo con valores de  $11.45 \text{ mgL}^{-1}$ , se concede a su condición de cuerpo de agua lótico. En el sitio de muestreo del río se observaron algunos peces de tamaño pequeño en la zona fótica indicando buenas condiciones para la reproducción de microalgas y de fauna acuática.

Los resultados obtenidos para el sitio El Vergel indican dos momentos de depositación a partir de las diatomeas presentes en el relleno del canal. El primer momento denominado como zona A, se caracteriza por la presencia de diatomeas planctónicas y el segundo momento denominado como zona B, caracterizado por las diatomeas de hábitat perifítico y subaéreo (Fig. 19 y 20).

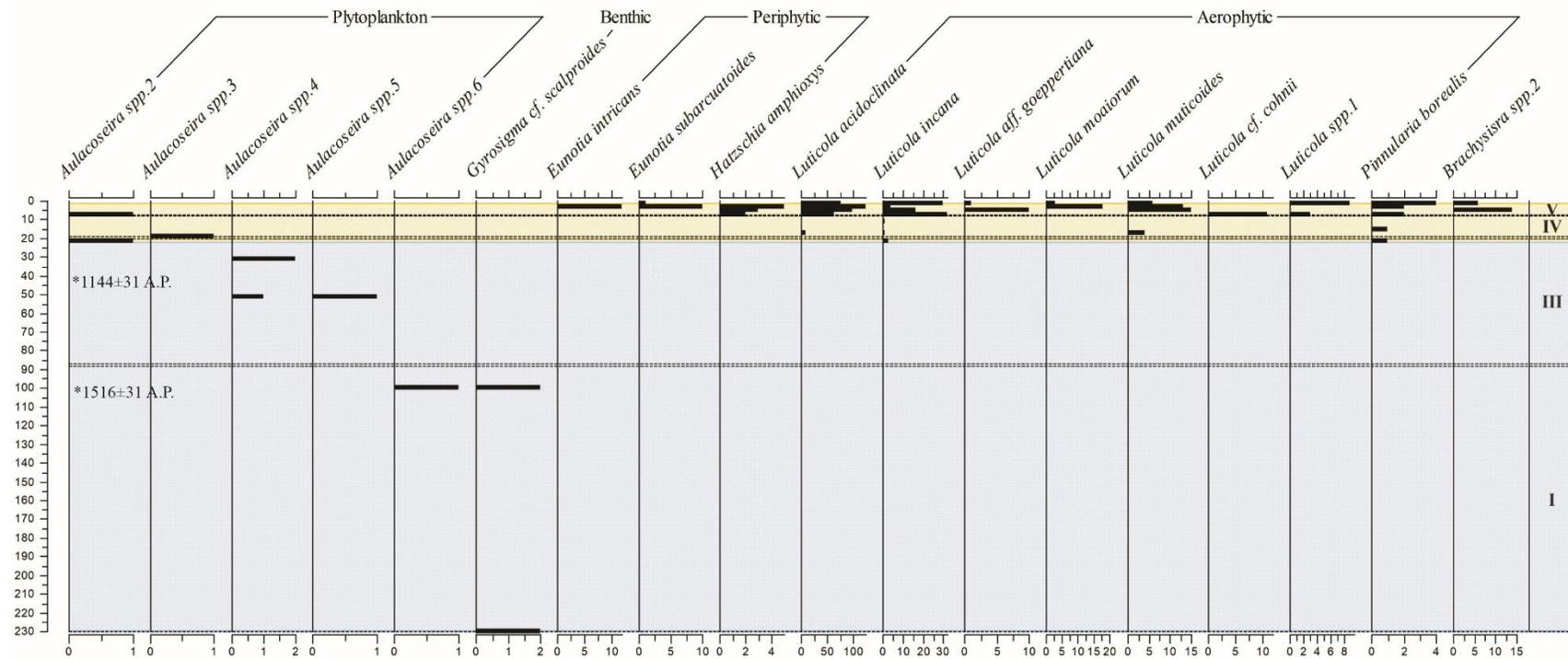
**Figura 19**

*Distribución de diatomeas en la secuencia sedimentaria de El Vergel*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 20**  
*Distribución temporal de diatomeas en El Vergel*



*Nota.* Distribución de las diatomeas en el sitio arqueológico El Vergel. La sección azul corresponde a la zona A con presencia de diatomeas planctónicas. La sección amarilla corresponde a la zona B con predominancia de diatomeas aerófilas y perifíticas. Elaboración propia.

En la zona A correspondiente al estrato I y gran parte del estrato III, se observaron un total de 13 valvas con predominancia de diatomeas céntricas. De ellas, el género dominante fue *Aulacoseira* con el 45% del total de las diatomeas y distribuidas a lo largo de la zona. Este género ha sido reportado como de hábitat planctónico, aguas dulces (Round et al., 1990) y metafítico (Ibarra et al., 2009), mientras que Sierra (2013) y Bicudo et al. (2016) reportan para el mismo, cuerpos de agua con profundidades desde 2m hasta 33m. De acuerdo con lo anterior, se puede establecer que la presencia de este género en la secuencia sedimentaria indica un volumen de agua alto en el sitio para ese momento. Llama la atención la buena conservación de *Gyrosigma cf. scalproides* registrada para los cm 100 y cm 230 (nivel más profundo, pre-ocupación). Esta especie se presenta en cuerpos de agua dulces oligo-mesotróficos, tolerante a bajas condiciones de luz, una cantidad moderada de electrolitos y pH neutro a alcalino (Tylor et al., 2007). Este género es de gran tamaño y aunque presenta un eje apical altamente silicificado, tiene áreas laterales valvares muy delgadas que deberían verse afectados por los procesos de fragmentación y disolución. La buena preservación de esta diatomea puede deberse a que es una especie autóctona del lugar e indica unas condiciones distintas antes de la construcción de las estructuras hidráulicas.

Estas condiciones en el volumen de agua se mantienen en el estrato I y en el estrato III, este último refiere directamente a las modificaciones del paisaje por las poblaciones humanas. Cabe anotar que este momento de mayor aporte de aguas al sitio El Vergel se relaciona con los pulsos de humedad establecido por Plazas et al. (1988) para el Caribe y por Muñoz et al. (2017) para el Páramo de Frontino.

A pesar de que en los niveles más profundos parece que se presentó un mayor volumen de agua y en los niveles superiores es donde se observa una disminución crítica de este recurso, en los cm 59 y 35 se registraron estructuras de resistencia de diatomeas centrales (Fig. 21), que pueden estar relacionadas según Cox (2011) con en el desarrollo de condiciones desfavorables para la supervivencia de las diatomeas tales como: disminución de luz, reducción de la temperatura, bajas cantidades de P, fluctuaciones en el régimen de nutrientes. La presencia de la espora de descanso de diatomeas en los sedimentos del cm 59 sugiere un episodio de alteración temporal en las condiciones ambientales necesarias para la supervivencia de algún taxón del ensamble de diatomeas, que puede estar asociado a la construcción de las estructuras hidráulicas, aunque se requieren estudios focalizados para determinar el origen de esta reacción. En cuanto a la espora de

descanso presentada en el cm 35, esta se asocia al descenso de las concentraciones de Fe, Al, y Ti reportadas por Posada (2022), lo que sugiere un secado progresivo del cuerpo de agua a lo que probablemente algunos taxones de diatomeas respondieron de esta forma.

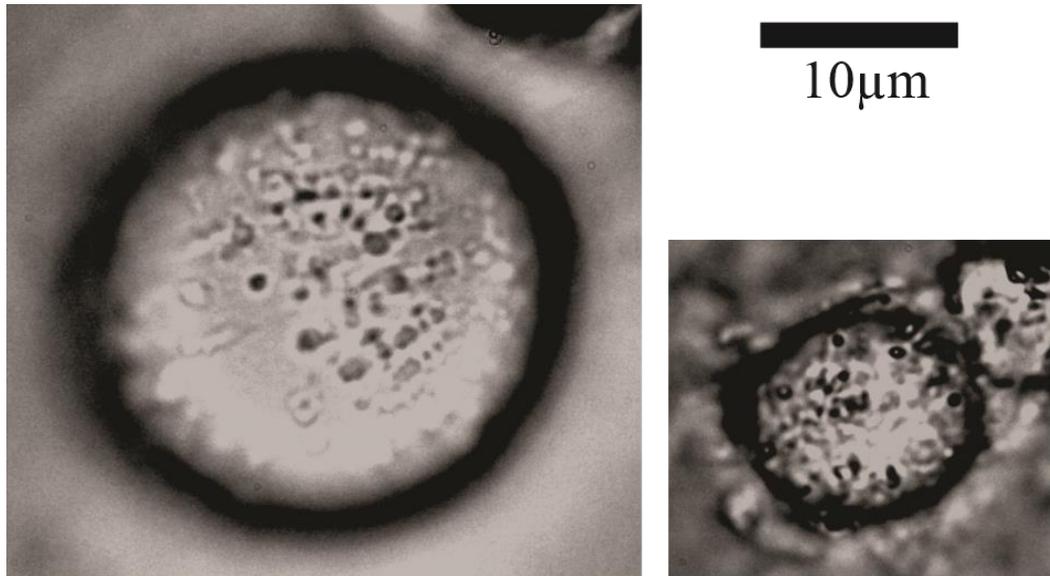
En estos niveles (59 y 35) se observaron fragmentos de géneros y especies perifíticas poco conservados como lo son: *Eunotia cf. monodon*, *Pinnularia* y *Stauroneis*. Se registraron algunas espículas de esponja con poca preservación debido a procesos de disolución y fragmentación. La presencia de bandas cingulares fragmentadas de diatomeas centrales fue recurrente. Sierra (2013) siguiendo los trabajos de Tréguer et al. (1995), Konfirst y Scherer (2012) y Sjunneskog y Scherer (2005) señala que la fragmentación de los frústulos de las diatomeas en cuerpos de agua puede darse por ambientes de alta energía, por el consumo de herbívoros, por resuspensión en lagos y mares, por fricción en el transporte de sistemas lóticos, por el avance y retroceso de glaciares y en el caso de las diatomeas depositadas en el sedimento, la fragmentación puede darse por compactación del mismo, pérdida de agua en el sedimento y por el transporte en el hielo.

En términos generales, las valvas de estos niveles presentaron procesos avanzados de disolución y fragmentación que no permitieron una aproximación precisa al ensamble de diatomeas de los cuerpos de agua del pasado (Figura 15). Fueron recurrentes las áreas centrales de valvas, que se asume, hacen referencia a lo registrado por Barker (1992) quien, con base en sus experimentos en laboratorio, menciona que las partes de las diatomeas pobremente silicificadas como los márgenes valvares se pierden a medida que avanza la disolución, quedando solo las áreas centrales que presentan mayor concentración de sílice, las cuales suelen encontrarse en los sedimentos. Así pues la disolución de valvas de diatomeas en la zona puede estar relacionada con el estado trófico y la composición química del ambiente, ya que este tipo de proceso se incrementa en ambientes eutróficos con alta temperatura como consecuencia de altas concentraciones de nutrientes, altas conductividades, concentración de carbonatos y alto pH, y es menor en ambientes oligotróficos a baja temperatura, además de que el tiempo de permanencia en la columna de agua también influye en la disolución de los frústulos (Sierra-Arango, 2013). Complementando lo anterior, Flower (1993) y Ramírez et al. (2007) mencionan que la disolución de las valvas de las diatomeas depende en mayor medida del pH (siendo mayor en  $\text{pH} > 9$ ), la temperatura (siendo mayor en temperaturas

> 25°) y el tiempo, además de que la preservación es afectada por sistemas dominados por carbonatos en asociación con Ca, Mg y Na<sup>22</sup>.

### Figura 21

*Estructuras de resistencia diatomeas centrales*



*Nota:* estructuras de resistencia cm 35 a la izquierda y cm 59 a la derecha. Elaboración propia.

En la zona B en el nivel 21 que abarca la parte superficial del estrato III y parte del estrato IV, se observó la presencia de *Aulacoseira spp.*, *Pinnularia borealis*, con predominancia de *Luticola incana*, según Freiburger (2005), Tylor et al. (2007), Rybak et al. (2018) estos taxones sugieren cuerpos de agua oligo a eutróficos, dulces a oligohalobios, pH 5.3 - 6.9 tendiente a la reducción de agua. En el cm 19 se observó solo la presencia de *Aulacoseira spp.*, con algunos fragmentos de *Eunotia spp.* y *Pinnularia spp.* Estos géneros planctónicos y perifíticos pueden estar indicando el secado progresivo del cuerpo de agua con lo que pudo ser un aumento temporal de la profundidad de este. En los centímetros 17 y 15 se registró la presencia de los géneros *Luticola*,

---

<sup>22</sup> Para ampliar la discusión en términos de ausencia, fragmentación, disolución y laminación de las valvas de diatomeas, ver: Barker (1992), Jorgensen (1955), Lewin (1961), Patrick y Holding (1985), Sierra-Arango (2013) y Velez y Aguirre (2016).

*Eunotia* y *Pinnularia*, evidenciando la expansión de *Luticola acidoclinata* con una abundancia del 50% del total de las diatomeas y una reducción total de *Aulacoseira spp.* De acuerdo con Tylor et al. (2007) y Rybak et al. (2018) esto sugiere cuerpos de agua someros o casi secos además de la presencia de macrófitas en los mismos. La presencia de *Luticola acidoclinata*, *Brachysira spp.*, y *Pinnularia borealis* en el cm 15 aunado a algunos ápices de *Nitzschia spp.*, sugieren una tendencia que continuó hacia el cm 11 donde se observó la presencia de *Luticola acidoclinata* y *Luticola incana*, además de algunos fragmentos de *Nitzschia*, *Luticola* y *Pinnularia*. A partir de estos niveles inicia la dominancia de diatomeas de hábitat subaéreo y perifítico y un cuerpo de agua con cantidades importantes de materia orgánica en descomposición como se registró en la laguna El Congo.

Cabe anotar que entre los cm 19 y 11 (estrato IV) Posada (2022) registró un hiato temporal en la secuencia estratigráfica que se asocia a un posible evento de inundación fuerte caracterizado por un suelo de estructura franca y porosidad reducida y un leve aumento en las concentraciones de Fe, Al y Ti. Así mismo, para este estrato se registró alta fragmentación de valvas; así pues, estos datos sustentan la hipótesis del evento de inundación.

En el final del estrato IV cm 7 y en el estrato V cm 5, 3 y 1, se observó un aumento notable en el número de individuos con respecto a los niveles anteriores. Los géneros con mayor abundancia fueron: *Luticola*, *Pinnularia*, *Eunotia*, *Brachysira*, *Nitzschia*, *Hantzschia*, *encyonopsis*. Entre ellos el género *Luticola* fue predominante en todos los niveles con porcentajes totales entre el 61 % y el 86 %, seguidos por *Pinnularia* 5 % - 12.8 % y *Eunotia* 1.4 % - 10.9 %.

La dominancia de *Luticola acidoclinata* 45 % y de *Luticola incana* 11.2 %, según Rybak et al (2018) y Tylor et al. (2007) para el cm 7 sugieren cuerpos de agua con poca profundidad, con un pH neutral a ácido, y de oligotrófico a distrófico.

La predominancia en el cm 5 de *Luticola acidoclinata* con un 50 %, seguida *Eunotia subarcuatooides* con un total del 4 %, siguiendo a Tylor et al. (2007), Franco (2015) y Rybak et al. (2018) indican cuerpos de agua con pH neutral a ácidos, oligotróficos a eutróficos con conductividad baja y espejos de agua poco profundos.

En el cm 3 la dominancia de *Luticola acidoclinata* 48 %, *Pinnularia oominensis* 3 % y *Eunotia intricans* 5%. De acuerdo con Franco (2015) y Rybak et al. (2018), indican la continuación de una tendencia de un cuerpo de agua somero con presencia de macrófitas y aguas oligotróficas a mesotróficas, conductividad baja, con agua dulce a oligohalobia y pH alcalino a ácido. De igual forma, se encontró una valva con avanzado proceso de laminación, un proceso que de acuerdo con Sierra et al. (2014) ocurre en condiciones oxidantes e implica un proceso de adsorción de iones suspendidos en el agua que se adhieren al frústulo (extendiendo el tiempo de conservación de la valva) derivando en la pérdida de las características morfológicas y taxonómicas de las valvas llevando a las diatomeas a verse de forma indiferenciada con respecto a otros compuestos silíceos sólidos.

Por último, la presencia mayoritaria de *Luticola acidoclinata* en el cm1 con el 46 % seguidos de *Pinnularia* y *Eunotia*, acorde con la ecología registrada para estos taxones por Franco (2015), Rybak et al. (2018) indica un cuerpo de agua somero, con un pH neutral a poco ácido, oligotrófico a eutrófico con moderada cantidad de electrolitos.

En los datos presentados anteriormente se observa que la baja preservación de las valvas de diatomeas debido a los procesos de fragmentación y disolución en los sedimentos del sitio El Vergel, es una gran limitante para poder caracterizar y reconstruir el régimen hidrológico que influyó la zona de estudio. A pesar de ello, es claro que la zona tuvo cuerpos de agua en el pasado con condiciones para permitir el desarrollo de diatomeas y se sustenta con los muestreos de los ecosistemas actuales que presentan alta riqueza de estas microalgas tanto en el río León como en la laguna El Congo y en los niveles superficiales del núcleo.

Así pues, Teniendo en cuenta que las estructuras hidráulicas del sitio El Vergel están influenciadas por acuíferos subterráneos que les aportan sus aguas durante la temporada húmeda y que en estos acuíferos se ha registrado una dureza cálcico-magnésica alta, alcalinidad alta e intrusiones salinas marítimas (Muñoz & Rodríguez, 1992), se espera que todas las sales presentes en la columna de agua al precipitarse en el fondo del canal y al secarse hayan incidido de forma negativa en la conservación de los frústulos de las diatomeas. Esto, aunado a las altas temperaturas de las tierras bajas del Caribe colombiano pudo provocar tal resultado en cuanto a la disolución.

En los sedimentos del sitio arqueológico El Vergel se observó una gran cantidad de materia orgánica en los niveles superficiales que disminuyó hacia los niveles inferiores y poca reacción de los sedimentos al HCL. No obstante, Posada (2022) reportó la presencia de concreciones de  $\text{CaCO}_3$ , pH 7.5, concentraciones de 4.680-12.690 Ca Meq/100 gr y concentraciones de 2.920-8.670 Mg Meq/100 gr. Los promedios de temperatura no son menores a  $29^\circ\text{C}$ , esto sumado a las condiciones anteriormente descritas y a un período de tiempo prolongado, se espera que haya impactado en la preservación de las diatomeas generando disolución y fragmentación concordando con lo planteado por Flower (1993) y Sierra (2013).

Los centímetros del 230 hasta el 30 representan la zona de sedimento que presentó mayor volumen de agua, según posada (2022) se encuentra entre las fechas  $1.516 \pm 53$  A.P. (anterior a la construcción de las estructuras hidráulicas) y  $1.144 \pm 31$  A.P. (en el momento de ocupación y construcción de las estructuras hidráulicas). Relacionado con esta sección, Posada y Parra (2010) reportaron para el Páramo de Frontino condiciones húmedas frías hacia  $1780 \pm 70$  A.P. Posteriormente, Muñoz et al. (2017) reportaron un pulso frío que tuvo lugar entre 1700-900 cal. A.P., el cual interrumpió el aumento de temperatura ocurrido entre el 2.400-500 cal. A.P. Para esta misma sección (Posada, 2022) registró polen de bosque húmedo representado por Apocynaceae, Myrcinaceae, *Forsteronia sp.*, *Junglans sp.*, *Desmodium sp.*, *Alnus sp.*, entre otros. La fecha de  $1.144 \pm 31$  A.P., ubicada entre los cm 35-40 se relaciona con el pulso frío reportado por Plazas et al. (1993).

A partir del centímetro 21 y hasta el cm 1 predominan las valvas de diatomeas de hábito aerófilo y perifítico representadas por las especies de los géneros *Luticola*, *Eunotia* y *Pinnularia*. Estos géneros se asocian con vegetación somera representada por: Cyperaceae, Onagraceae y vegetación de sabana representada por: Poaceae, Asteraceae, *Ambrosia sp.*, reportados para estos mismos niveles por Posada (2022), lo cual resulta en ambientes con escaso volumen de agua. Solo hay un momento en el que se presenta una mayor concentración de polen de bosque húmedo y es en el cm 11, lo que estaría indicando un periodo de mayor humedad que interrumpió el periodo seco. Este está relacionado con el posible evento de inundación mencionado en párrafos anteriores.

De acuerdo con los datos presentados anteriormente se observa que el cuerpo de agua en el pasado parece haber tenido una mayor cantidad de volumen de agua. Hacia el nivel 40 se observa un descenso en las concentraciones de Fe, Al, y Ti (Posada, 2022) que puede asociarse a la

reducción paulatina del cuerpo de agua hasta llegar a las condiciones actuales, en donde, el canal se colmató y el volumen de agua se secó y la humedad contenida es el aporte de la humedad ambiental en comparación con las zonas que permanecen inundadas.

## 9.1 Discusión

A partir de los datos obtenidos del ensamble de diatomeas en la secuencia arqueológica de El Vergel, se observó que en la zona A cm 230 - cm 25 que comprenden los niveles inferiores anterior a la construcción de los canales y los niveles medios correspondientes a la construcción de los canales, se registró la presencia de diatomeas planctónicas que indican cuerpos de agua con un volumen considerable y de diatomeas bentónicas que igualmente indican presencia de agua en la zona. Para la zona A se registraron dos fechas  $1516 \pm 31$  A.P., (cm100) anterior a la construcción de los canales y  $1144 \pm 31$  A.P., (cm41) en los canales ya construidos. En la zona B cm 21 – cm 1 se registró la predominancia de diatomeas perifíticas y subaéreas que indican un secado progresivo de los cuerpos de agua hasta llegar al momento actual (Figs. 19 y 20).

Considerando los planteamientos de Junk et al. (1989) en cuanto a la recirculación de nutrientes entre los sistemas río-llanura inundable; en el área de estudio, los pulsos de inundación horizontales del río León sumados a los pulsos de inundación verticales de los acuíferos subterráneos en épocas pasadas, debieron facilitar el flujo de nutrientes en la primera parte de la secuencia permitiendo unas condiciones particulares en el SAC y sus subsistemas biológico y cultural, en tanto conjunto de componentes interconectados que producen sus propios patrones de comportamiento durante el tiempo. En esta primera parte de la secuencia, el subsistema biológico estaba compuesto, según Posada (2022) por vegetación de bosque húmedo representado por Apocynaceae, Myrcinaceae, *Forsteronia sp.*, *Junglans sp.*, *Desmodium sp.*, *Alnus sp.*, con poca representación de vegetación somera, sabana y sumergida. Con respecto a la fauna reportó para el sitio Toribio cercano a El Vergel, abundantes restos de moluscos además de evidencias de conchas de braquiópodos de origen marino, estas evidencias se relacionan con una fecha radiométrica de  $1570 \pm 53$  A.P. En cuanto al subsistema cultural, Posada (2022) registró un proceso de ocupación discontinua hasta lo que en la secuencia sedimentaria representó el cm 50 y a partir de allí, la ocupación mostró continuidad hasta la parte superficial de la secuencia.

Ahora bien, anterior a la construcción de las estructuras hidráulicas, son pocas las evidencias de diatomeas o fragmentos de sus valvas. Para ese momento, se identificó *Gyrosigma cf. scalproides* que, según Tylor et al. (2007) y la Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012), son diatomeas bentónicas indicadoras de cuerpos de agua dulce con gran cantidad de sólidos disueltos y por tanto turbias. Este tipo de condiciones son de esperarse si se considera un evento de arrastre de sedimentos del río mediante su descarga lateral en la llanura, además de la misma biomasa y condiciones geológicas de la zona.

No obstante lo mencionado en el párrafo anterior, la configuración de las cuencas y la influencia de los acuíferos sobre gran parte de la llanura inundable del río León; las dominancias de las diatomeas de los cuerpos de agua actuales de la zona y las dominancias de los sedimentos de los niveles superficiales del sitio El vergel, indican que este (el sitio arqueológico) no suele articularse por sí solo a los cuerpos de agua de los humedales y del río. Así las cosas, los canales se observan como una forma de permitir que el agua circule por sectores de la llanura por la que normalmente no lo hace. En tal sentido, al haber mayor cantidad de agua en el sitio El Vergel proveniente del río o de ciertos lugares inundados por los acuíferos subterráneos, se recuerda lo propuesto por Junk et al. (1989) en términos de que, debió presentarse una alta descarga de sedimentos y enriquecimiento de las aguas con nutrientes foráneos y locales necesarios para el desarrollo de productores primarios y de diversos recursos como peces, moluscos, reptiles, etc. Tales condiciones hídricas asociadas a las estructuras hidráulicas pudieron haber ocasionado un feedback positivo en términos de la comunidad biótica que colonizó nuevos nichos en la zona. El buen desarrollo de las diatomeas actuales indica que, en tiempos pasados había niveles balanceados de N, P, y Si además de que el polen reportado para la zona indica una contribución importante de materia orgánica útil en tanto aporte de P y N, y para la supervivencia de los peces. No obstante, en el sitio El Vergel se requiere ampliar los estudios de macrorrestos zoológicos y restos arqueozoológicos que permitan verificar la presencia o ausencia de peces, reptiles, moluscos, ostrácodos, etc.

Este feedback positivo que supone un proceso de cambio tendiente a aumentar los recursos acuáticos para los seres humanos, implica a su vez un proceso de resiliencia en tanto adecuación del medio para la subsistencia humana como ya se ha demostrado en varios estudios (Dolmatoff,

1997; Denevan, 1970; Plazas & Falchetti, 1981; Erickson, 1988, Flórez, 2018). Aunque a la vez, el hecho de convertir algunos de los cuerpos lénticos en cuerpos lóxicos por medio de estructuras hidráulicas puede representar riesgos en lo que toca a algunos de los componentes del SAC como lo es la erosión de los suelos y la colmatación con sedimentos de zonas que normalmente no parece que presentaban procesos de inundación periódicos.

Así pues, se establece que las adecuaciones del espacio que llevaron a cabo las poblaciones humanas en el sitio El Vergel generaron un feedback positivo en la cuenca media del río, lo cual, por medio de la reorganización del espacio y de la biota, les permitió aprovechar diversos recursos relacionados con el subsistema hídrico, lo que a su vez se relaciona con la reducción del riesgo y la vulnerabilidad económicos asociados a los cultivos en un sistema de humedales con las características descritas en apartados anteriores. La reducción en las condiciones de riesgo y vulnerabilidad asociada a recursos acuáticos se coligen a partir de que, en la cuenca media del río León las plantas están expuestas a los siguientes factores amenazantes: 1. temperatura promedio que para tiempos actuales es de 29°C y 2. suelos arcillosos con poca porosidad y poca permeabilidad para el sitio El Vergel (Posada, 2022). Tales condiciones pueden llevar a las plantas a lo que Cabrera (1999) denomina PMP que se da cuando la humedad en los suelos llega al límite inferior aprovechable por las plantas. Aunado a lo anterior están los testimonios de los habitantes actuales de la región quienes no ven en la agricultura una actividad viable a causa de las condiciones anóxicas de los suelos de zonas cercanas al sitio El Vergel. En consecuencia, es de esperarse que en tiempos prehispánicos una forma de lidiar con el riesgo que representa una actividad netamente agrícola haya sido la explotación de recursos acuáticos.

A pesar de que las poblaciones de peces, algas, moluscos, reptiles, etc., pueden verse afectados por el nivel de eutrofización de las aguas, ya que al alterar las concentraciones de P y de N pueden proliferar algunos tipos de ensambles fitoplanctónicos nocivos, o generarse condiciones anóxicas en el medio por proliferación de algas, de bacterias y de materia orgánica en descomposición (Cabello & Herbás, 2001; Camargo & Alonso, 2006; Cárdenas & Sánchez, 2013), los procesos tafonómicos de disolución, fragmentación y laminación de las diatomeas en la zona no permitieron llegar a tal nivel de detalle ambiental en términos de calidad del agua; aunque ello indica que hubo flujo en el agua y este evitó las condiciones anóxicas, pero favoreció la oxidación. Pese a que, Arvola et al. (1999) reportan poco desarrollo de algas en lagos distróficos debido a la

alta producción de bacterias, se espera que, en la medida en que en las estructuras hidráulicas del río León permitían el flujo de agua, los nutrientes fluyeran mucho más que en un sistema léntico, y en consecuencia proliferaran las algas, ya que para las bacterias el P no es un factor limitante y no compiten por él cuando es abundante en el ecosistema. Esto a su vez se traduce en mejores condiciones para el mantenimiento de peces y otros recursos acuáticos.

La disminución de diatomeas centrales planctónicas y el posterior predominio de diatomeas perifíticas y aerófilas indica una reorganización del medio en función de un feedback positivo en tiempos cálidos cuyo origen no puede atribuirse totalmente a causas antrópicas o a causas ambientales, pero es evidente que impactó en el cuerpo de agua, lo que generó un proceso de sucesión ecológica en el medio dando lugar a nuevos taxones de diatomeas que colonizaron el ambiente.

En este período seco que coincide con las condiciones secas en el Páramo de Frontino reportadas por Muñoz et al. (2017), se espera que la disponibilidad de peces, de moluscos, de reptiles y de otros recursos hayan escaseado debido a la reducción del espejo de agua, la consecuente falta de circulación de nutrientes y posibles condiciones anóxicas en los cuerpos de agua residuales. Así pues, con la disminución del cuerpo de agua se espera un aumento de la vulnerabilidad y, por tanto, del riesgo en cuanto al aprovechamiento humano de los recursos acuáticos que pudieron darse en la zona. Es de esperar que, si las estructuras hidráulicas permitían la redistribución del agua en períodos de humedad, en los períodos secos tal vez no pudieron cumplir esa función debido a la falta del intercambio lateral de aguas desde el río y a la poca capacidad de recarga de los acuíferos subterráneos que permitían mantener los humedales con alto nivel de agua. Tales condiciones, probablemente impactaron en el subsistema cultural y económico de las poblaciones asentadas en El Vergel. Así pues, la toma de decisiones humanas debió dirigirse a la exploración de nuevos lugares y explotación de recursos en otros espacios llevando al abandono progresivo del sitio en cuestión en un momento en el que permanecer en un solo lugar pudo haber representado un alto riesgo para la supervivencia humana y para la reproducción cultural.

---

## 10 Conclusiones

1. Las diatomeas en tanto indicador ambiental son de alta relevancia en el estudio de los diversos contextos arqueológicos que busquen comprender las formas de aprovechamiento de los recursos acuáticos.
2. Los resultados del análisis de diatomeas en el río León, constituyen el primer estudio arqueológico que integra la paleolimnología en la aproximación ambiental, funcional y tafonómica en las estructuras hidráulicas de edad prehispánica para Colombia.
3. La variación de los cuerpos de agua en el sistema de canales y camellones del sitio El Vergel se dividió en dos zonas, la duración de cada una de ellas se considera que abarcó varios siglos, la zona A de mayor humedad se asocia a los momentos pre-ocupación y a la respuesta adaptativa al medio por parte de las poblaciones humanas que llegaron al lugar entre los siglos V y VI d.C. La zona B corresponde a una desecación paulatina del sitio en la que se presentó un evento de inundación y se relaciona con la toma de decisiones en cuanto al abandono progresivo del medio antes de la llegada de los españoles.
4. La adecuación de la cuenca media del río León mediante la construcción de canales, zanjas y camellones, permitió el aprovechamiento del potencial de recursos hídricos para las poblaciones que hicieron uso de este territorio. Este tipo de adecuación representa un proceso de resiliencia en tanto se presenta una modificación del entorno natural que impactó las condiciones naturales del mismo en términos de los regímenes de inundación y de alteración de la geomorfología de la zona.
5. Las condiciones de riesgo y vulnerabilidad económicos asociados a una economía agrícola en la zona A de la secuencia sedimentaria fueron altas, mientras que estas mismas condiciones asociadas a la acuicultura para la misma zona fueron bajas. En la zona B las condiciones de riesgo y vulnerabilidad asociadas tanto a actividades económicas agrícolas como acuícolas fueron altas.
6. La zona B en la secuencia de diatomeas del sitio El Vergel, indica que la zona presentó un descenso gradual en el volumen de agua aportado de manera lateral y vertical desde el río y desde los acuíferos subterráneos respectivamente. Igualmente, se relaciona con una época seca reportada para el páramo de Frontino y otros sitios paleoecológicos.

7. En la secuencia sedimentaria de El Vergel se presentó muy baja conservación de las valvas de diatomeas. Los factores a los que se atribuyen tales condiciones son: la dureza cálcico-magnésica que se presenta en las aguas de los acuíferos subterráneos de Urabá, la compactación de los sedimentos, la temperatura de la zona y el pH de los suelos. Otro de los procesos tafonómicos que se identificó de manera poco recurrente en El Vergel fue la laminación que se presenta como consecuencia de la adsorción de iones metálicos en las valvas de las diatomeas.
8. La marcada diferencia de las dominancias en los ensambles de diatomeas presentes en la laguna El Congo, el río León y en los niveles superficiales del sitio El vergel indican microambientes distintos que al momento del muestreo no evidencian unión lateral por medio del pulso de inundación. Aunque lo anterior podría sustentar la idea de que durante el tiempo de funcionamiento de los canales, estos se realizaron para transportar el agua desde las zonas inundables a otras a las que tal vez no llegaba el agua; hay que tener en cuenta que los ecosistemas varían en tiempo y espacio y que esa variación ambiental implica una reorganización de las comunidades bióticas presentes, cambiando su estructura en términos de individuos, de especies y/o de reemplazo de especies de acuerdo con los intervalos de tolerancia para los factores ambientales.
9. Se reconoce la importancia de integrar nuevos proxys a la investigación arqueológica con el fin de conocer de manera contextual el entramado de relaciones entre los seres humanos y su entorno. En este sentido, las diatomeas en tanto indicadores ambientales tienen gran potencial para estudios contextuales en sitios arqueológicos. Además de ello, exigen una formación interdisciplinaria e integral de los perfiles profesionales en arqueología.

## 11 Recomendaciones

A parte de los procesos de disolución y fragmentación de diatomeas mencionados anteriormente, existen otros factores que pueden influir en los procesos tafonómicos de proxis de sílice amorfa como: la acción de bacterias que solubilizan la sílice de los frústulos de las diatomeas que deben analizarse en investigaciones futuras para complementar los resultados aquí obtenidos.

A futuro puede experimentarse con una metodología que no incluya la oxidación de las muestras de sedimento con HCL, debido a los efectos que tiene sobre las valvas de las diatomeas como ha sido demostrado por Lewin (1961) y Barker (1992). Del mismo modo, para futuros estudios que integren las diatomeas en preguntas arqueológicas, se recomienda evaluar los resultados del procesamiento de una mayor cantidad de gramos de sedimento al igual que se sugiere evaluar un método de submuestreo en el que se obtenga un mayor volumen de solución (1 ml) para el montaje permanente con el fin de concentrar más la cantidad de diatomeas que haya en el sedimento, esto teniendo en cuenta que se está trabajando en contextos antrópicos que probablemente hayan soportado procesos recurrentes de limpieza para evitar la colmatación del canal con sedimentos. Esta sugerencia se presenta con base en las discusiones con la profesora Lorena Grana (comunicación personal, 2022), la anotación se realiza, ya que en este estudio no se pudieron implementar tales experimentos por cuestiones de tiempo.

Finalmente, se recomienda realizar muestreos sistemáticos en la zona tanto en canales y zanjas como en camellones con el fin de lograr una mejor resolución en cuanto al comportamiento del agua en las estructuras hidráulicas prehispánicas. Igualmente, será de gran importancia estudiar los usos de acequias, canales y otras estructuras hidráulicas actuales en diferentes momentos del año con el fin de conocer el comportamiento del régimen hidrológico y la forma en la que se comportan los ensambles de diatomeas, con el fin de complementar los datos obtenidos para la zona y generar nuevas hipótesis e interpretaciones.

---

**12 Descripciones taxonómicas de las diatomeas del sitio arqueológico El Vergel y de los cuerpos de agua cercanos: Laguna El Congo y río León.**

*Achnanthes* spp. 1 Bory

**Plancha 3. Figura 2.** Largo: 28.22  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.76  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 22

Valvas lineares. Área axial angosta en la valva rafídea. Estauro central expandiéndose hacia las márgenes valvares. Terminaciones rafídeas proximales poco curvadas hacia el mismo lado.

*Actinella* spp. 1 F.W. Lewis

**Plancha 2. Figura 4.** Largo: 82.52  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.56  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16

Frústulo heteropolar en vista valvar.

*Aulacoseira* spp. 1 Thwaites

**Plancha 1. Figura. 1.** Diatomeas en vista cingular unidas por medio de espinas.

*Aulacoseira* spp. 2 Thwaites

**Plancha 1. Figura. 2.** Diámetro: 15.98  $\mu\text{m}$ .

Aulacoseira en vista valvar. Se observa el ringleiste.

*Aulacoseira* spp. 3 Thwaites

**Plancha 1. Figura. 3.** Diámetro: 22.24  $\mu\text{m}$ .

Aulacoseira en vista valvar. No se observan muy bien sus detalles.

*Aulacoseira spp. 4* Thwaites

**Plancha 1. Figura. 4.** Diámetro: 20.17  $\mu\text{m}$ .

Aulacosiera en vista valvar. No se observan muy bien la ornamentación.

*Aulacoseira spp. 5* Thwaites

**Plancha 1. Figura. 5.** Diámetro: 21  $\mu\text{m}$ .

Estrías ordenadas en líneas rectas irradiadas desde el centro hacia los márgenes valvares.

*Aulacoseira spp. 6* Thwaites

**Plancha 1. Figura. 6.** Diámetro: 20.95  $\mu\text{m}$ .

Areolas grandes irradiadas desde el centro hacia los márgenes de la valva.

*Brachysira spp. 1* Kützing

**Plancha 4. Figura 20.** Largo: 16.41  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.62  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---

Valvas lineares lanceoladas. Rafe recto con terminaciones distales curvadas hacia en la misma dirección. Estauro central rectangular alcanzando los márgenes valvares.

*Cocconeis lineata* Ehrenberg

Epilithic diatom flora in Cali River hydrographical basin, Colombia (Heinrich et al., 2019). Pp. 15. Fig. 8E.

**Plancha 3. Figura 4.** Largo: 30.45  $\mu\text{m}$  - Ancho: 14.88  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 17

Valvas elípticas con extremidades redondeadas. Estrías paralelas en la región media y radiadas hacia los ápices. Estrías interrumpidas por líneas hialinas longitudinales irregulares. Largo: 22.3-39.6  $\mu\text{m}$ ; ancho: 13-19.8  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13-22.

*Cocconeis cf. placentula var. lineata* (Ehrenberg) Van Heurck

Diatoms in springs and streams of Türkmen MT. (Sakarya river basin) common in turkish inland Waters (Solak y Wojtal, 2012). Pp.413. Figs. 131 y 132.

**Plancha 3. Figura 5.** Largo: 31.35  $\mu\text{m}$  - Ancho: 16.53  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18

Valvas elípticas con extremidades redondeadas. Estrías centrales paralelas, separadas en la zona central por una región hialina. Estrías radiadas hacia los ápices. Largo: 21.0-29.3  $\mu\text{m}$ ; ancho: 12-15.3  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 19-21

*Cyclotella cf. meneghiniana* Kützing

Diatoms of North America, categoría: centrales (Spaulding et al. 2021)

**Plancha 1. Figura 7.** Diámetro: 15.47  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 8.

**Plancha 1. Figura 8.** Diámetro: 12.87  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9.

Valvas en forma de disco. Área central sin estrías distinta del área marginal con estrías. Diámetro: 6.24-18.22; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 7-8.

*Cymbella cf. kolbei* Hustedt

Diatoms of Europe: Cymbella, vol. 3 (Krammer, 2002). Pp.33. Pl.14. fig.8-23.

**Plancha 5. Figura 8.** Largo: 26.35  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.08  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13 (dorsales y ventrales en ápices).

**Plancha 5. Figura 9.** Largo: 26.94  $\mu\text{m}$  - Ancho: 9.07  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14 dorsales – 13 ventrales (en ápices).

**Plancha 5. Figura 10.** Largo: 26.9  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.94  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14 (dorsales y ventrales en ápices).

Valvas poco a moderadamente dorsiventrales. Margen dorsal marcadamente convexa y margen ventral poco convexa a recta. Ápices redondeados y poco o nada prolongados. Área axial estrecha

un poco curva. Área central pequeña, aunque a veces está ausente. El rafe puede o no desplazarse hacia la zona ventral volviéndose filiforme hacia las terminaciones proximales y distales. Estrías poco radiadas. Estigma aislado visible en la terminación de la estría central del lado ventral. Largo: 13-29  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7-9  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9-10 (dorsales y ventrales en el área central); estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10-16 hacia los ápices.

*Cymbella cf. turgidula* Grunow

Diatoms of Europe. Vol. 3. (Krammer, 2002). pp. 66. Pl. 48: fig. 1-7

**Plancha 5. Figura 11.** Largo: 45.12  $\mu\text{m}$  - Ancho: 12.29  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11 ventrales centrales.

**Plancha 5. Figura 12.** Largo: 44.62  $\mu\text{m}$  - Ancho: 12.51  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10 ventrales centrales.

**Plancha 5. Figura 13.** Largo: 43.92  $\mu\text{m}$  - Ancho: 13.23  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12 dorsales en ápices.

Margen dorsal fuertemente convexa y margen ventral moderadamente convexa. Ápices redondeados poco alargados. Puede presentar 2 o 3 estigmas localizados en las terminaciones de las estrías centrales del lado ventral. Terminación distal del rafe curvado hacia el lado dorsal. Campos porosos apicales. Largo: 27-46; ancho: 9.5-14; estrías en 10  $\mu\text{m}$  9-11 en el centro del lado dorsal de la valva y de 12-13 en los ápices.

*Cymbella excisa* Kützing

Diatoms of Europe. Vol. 3. (Krammer, 2002). pp. 26. Pl. 9: fig. 19-25 / Pl.8: fig. 7

**Plancha 5. Figura 14.** Largo: 40  $\mu\text{m}$  - Ancho: 11.82  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12 dorsales.

Valvas moderadamente dorsiventrales. Margen dorsal fuertemente convexa y margen ventral poco convexa a cóncava. El lado ventral de la valva puede presentar una especie de incisión que le da una forma cóncava en el centro. Ápices subrostrados a rostrados y redondos. Área axial estrecha, linear, poco curva, ampliándose en un área central redondeada. Rafe filiforme hacia los extremos.

Terminación distal del rafe curvado hacia el lado dorsal. Campos porosos apicales. Largo: 17-41; ancho; 6-10.7; relación máxima largo/ancho: 3.1-3.8; estrías dorsales centrales 9-13 en 10  $\mu\text{m}$  y de 12-14 hacia los ápices.

*Cymbella scutariana* Krammer

Diatoms of Europe. Vol. 3. (2002). pp. 63. Pl. 45: fig. 3 y 4

**Plancha 6. Figura 1.** Largo: 48.18  $\mu\text{m}$  - Ancho: 14.12  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12 ventrales apicales.

Valvas dorsiventrales, lanceoladas. Margen ventral fuertemente arqueada y margen ventral recta o poco cóncava. Ápices nada prolongados y redondos. Área axial estrecha. Rafe poco desplazado ventralmente, filiforme cerca al ápice distal. Área central elíptica. Terminación distal del rafe curvado hacia el lado dorsal. Campos porosos apicales. Presenta de 1 a 3 estigmas en las terminaciones de las estrías centrales del lado ventral. Largo: 38-65  $\mu\text{m}$ ; ancho: 14-15; estrías en 10  $\mu\text{m}$  8-9 dorsales y ventrales del área central y 12 hacia los ápices.

*Cymbella tropica* Krammer & Metzeltin

Diatoms of Europe. Vol. 3. (2002). pp. 61. Pl. 44: fig. 1-10.

**Plancha 6. Figura 2.** Largo: 43.24  $\mu\text{m}$  - Ancho: 12.72  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10 ventrales centrales.

**Plancha 6. Figura 3.** Largo: 41.51  $\mu\text{m}$  - Ancho: 11.76  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11 ventrales centrales.

**Plancha 6. Figura 4.** Largo: 40.76  $\mu\text{m}$  - Ancho: 11.38  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11 dorsales y 10 ventrales centrales.

Valvas levemente dorsiventrales, lanceoladas. Margen dorsal fuertemente arqueada, margen ventral moderadamente convexa. Ápices nada prolongados o poco subrostrados y redondeados. Área axial estrecha y linear. Rafe filiforme cerca a los ápices distales y curvos hacia el área central. Estrías poco radiadas desde el centro hacia los ápices. 1 o 2 estigma grandes aislados en las terminaciones de las estrías centrales del lado ventral. Terminación distal del rafe curvado hacia el

lado dorsal. Campos porosos apicales. Largo: 35-44; ancho:10-12; relación máxima largo/ancho: 4; estrías dorsales y ventrales en la región central: 9-11 y 12 hacia los ápices.

*Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck

Diatoms of Europe. Vol. 3. (Krammer, 2002). pp. 141. Pl. 164: fig. 1-4.

**Plancha 6. Figura 5.** Largo: 47.34  $\mu\text{m}$  - Ancho: 15.46  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12 ventrales.

**Plancha 6. Figura 6.** Largo: 46.39  $\mu\text{m}$  - Ancho: 14.95  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11 ventrales.

Valvas dorsiventrales. Margen dorsal fuertemente convexa. Margen dorsal suavemente convexa y gibosa en el área central. Ápices comúnmente rostrados. Área axial estrecha y arqueada con un área central entre 1/2 y 1/3 del ancho de la valva. Rafe poco lateral volviéndose filiforme hacia los ápices proximales y distales. Extremos proximales del rafe con poros. Presenta 1 estigma grande que se ubica cerca o dentro del nódulo central. Estrías radiadas en el centro volviéndose paralelas hacia los ápices. Terminación distal del rafe curvado hacia el lado dorsal. Campos porosos apicales. Largo: 35-95  $\mu\text{m}$ ; Ancho: 16-22 (24)  $\mu\text{m}$ ; Relación máxima largo ancho: 4.0; estrías en el área central de la valva 8-11 en 10  $\mu\text{m}$  y de 12 a 13 hacia los ápices.

*Cymbella turgidula* Grunow

Diatoms of Europe. Vol. 3. (Krammer, 2002). pp. 66. Pl. 48: fig. 1-7.

**Plancha 6. Figura 7.** Largo: 46.43  $\mu\text{m}$  - Ancho: 13.99  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10 ventrales centrales.

**Plancha 6. Figura 8.** Largo: 45.78  $\mu\text{m}$  - Ancho: 13.1  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11 estrías ventrales y dorsales centrales.

**Plancha 6. Figura 9.** Largo: 43.39  $\mu\text{m}$  - Ancho: 13.49  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11 ventrales centrales.

Valvas dorsiventrales. Margen dorsal fuertemente arqueada y margen ventral moderadamente convexa. 2 a 3 estigmas localizados en la terminación de la estría central de la zona ventral. Ápices

poco o nada prolongados y redondeados. Terminación distal del rafe curvado hacia el lado dorsal. Campos porosos apicales. Largo: 27-46; ancho: 9,5-14; estrías: 9-11 en el centro del lado dorsal de la valva y de 12-13 en los apices.

*Diadesmis confervacea* Kützing

Diatomeas (Bacillariophyta) perifíticas del complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. I. (Montoya et al., 2012). Pp.464. Fig. 3A.

**Plancha 4. Figura 15.** Largo: 20.53  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.93  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 19.

Valvas elípticas con ápices apiculados. Área central amplia. Área axial amplia hacia el centro y estrecha hacia los ápices. Rafe recto y filiforme. Largo: 16.9-25.5  $\mu\text{m}$ ; ancho: 6.3-7.3  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 22-24.

*Encyonema cf. jemtlandicum* Krammer

Diatomeas (Bacillariophyta) perifíticas del complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. I. (Montoya et al., 2012). Pp. 467. Fig. 4 A-C.

**Plancha 5. Figura 6.** Largo: 40.06  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.63  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Valvas dorsiventrales asimétricas. Margen dorsal convexa. Margen central abultada en el centro dando forma convexa. Estrías dorsales radiadas espaciadas regularmente y más largas que las ventrales que son más cortas y distanciadas de forma irregular. Terminaciones proximales del rafe curvadas hacia la zona dorsal de la valva y la terminación proximal del rafe curvada hacia la zona ventral de la valva. Largo: 30.1-54.4; ancho: 7.5-8.8; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9-11.

*Encyonema vulgare* Krammer

Diatoms from the Colombian and Peruvian Amazon; the genera *Encyonema*, *Encyonopsis* and *Gomphonema* (Cymbellales: Bacillariophyceae) (Vouilloud, et al., 2010). Pp. 53. Fig. 21-22.

**Plancha 5. Figura 7.** Largo: 33.08  $\mu\text{m}$  - Ancho: 9.91  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11 ventrales – 10 dorsales.

Valvas dorsiventrales asimétricas. Margen dorsal fuertemente convexa y ventral un poco abultada en el centro. Extremos apicales redondeados, estrías uniseriadas. Estrías centrales más distanciadas que las laterales. El área central no se diferencia del área axial linear. Terminaciones proximales del rafe suavemente curvadas hacia el lado dorsal de la valva mientras que las terminaciones distales del rafe están curvadas hacia la zona ventral de la valva.

*Encyonopsis spp. 1* Kützing

**Plancha 6. Figura 10.** Largo: 26.46  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.37  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas elípticas-lanceoladas con ápices subcapitados. Área axial estrecha, apliándose hacia el centro y adelgazándose hacia los ápices. Rafe filiforme. Estrías paralelas a poco radiadas con mayor espaciado hacia el área central. Nódulos apicales.

*Encyonopsis spp. 2* Kützing

**Plancha 7. Figura 1.** Largo: 27.52  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.53  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Valvas elípticas-lanceoladas con ápices subcapitados. Área axial estrecha, apliándose hacia el centro y adelgazándose hacia los ápices. Rafe filiforme. Estrías paralelas a poco radiadas. Nódulos en el área central y en ápices.

*Encyonopsis spp. 3* Kützing

**Plancha 7. Figura 2.** Largo: 20.10  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.68  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 17.

Valvas elípticas-lanceoladas con ápices rostrados a subcapitados. El área central no se diferencia del área axial linear. Rafe filiforme. Estrías paralelas aparentemente equidistantes y poco radiadas. Nódulos apicales y poros en las terminaciones proximales del rafe.

*Encyonopsis spp. 4* Kützing

**Plancha 7. Figura 3.** Largo: 24.98  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.63  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas elípticas-lanceoladas con ápices subcapitados. Área axial estrecha, apliándose hacia el centro y adelgazándose hacia los ápices. Rafe filiforme. Estrías paralelas a poco radiadas con mayor espaciado hacia el área central. Nódulos apicales.

*Encyonopsis spp. 5* Kützing

**Plancha 7. Figura 4.** Largo: 21.08  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.55  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16.

Valvas elípticas-lanceoladas con ápices rostrados. El área central no se diferencia del área axial linear. Rafe filiforme. Estrías paralelas. Nódulo central. Estría lateral corta en el área central.

*Encyonopsis spp. 6* Kützing

**Plancha 7. Figura 5.** Largo: 24.82  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.01  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Valvas elípticas-lanceoladas con ápices rostrados. Área axial estrecha hacia los ápices y amplia hacia el área central. Rafe filiforme. Estrías paralelas a poco radiadas con mayor espaciado hacia el área central.

*Encyonopsis spp. 7* Kützing

**Plancha 7. Figura 6.** Largo: 22.03  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.58  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Valvas elípticas-lanceoladas con ápices subcapitados. Área axial estrecha, apliándose hacia el centro y adelgazándose hacia los ápices. Rafe filiforme. Estrías paralelas a poco radiadas con mayor espaciado hacia el área central.

*Eucoconeis spp. 1* Cleve ex. F. Meister

**Plancha 3. Figura 1.** Largo: 16.66  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.29  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas elípticas-lanceoladas. Rafe sigmoideo.

*Eunotia cf. bidens* Ehrenberg

Taxonomía e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 254. Pl. 64: Fig.5-9

**Plancha 2. Figura 5.** Largo: 45.4  $\mu\text{m}$  - Ancho: 10.64  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas poco arqueadas con margen dorsal biondulada y margen ventral suavemente cóncava. Ápices subcapitados con terminaciones redondeadas. Helictoglosa presente en la margen ventral cerca de los ápices. Estrías transapicales paralelas volviéndose curvas hacia los ápices. Largo: 37.3-44.9  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.7-10.5  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11-13.

*Eunotia incisa* W. Smith ex W. Gregory

Taxonomía e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 170. Pl. 22: Fig. 1-21.

**Plancha 2. Figura 13.** Largo: 17.97  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.86  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18.

Valvas con margen dorsal convexa y margen ventral recta. Ápices redondeados aparentando forma de nariz. Helictoglosa presente en la margen ventral cerca de los ápices. Largo: 17.9-42.7  $\mu\text{m}$ ; ancho: 3.2-4.4  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18-21.

*Eunotia cf. incisa* W. Smith ex W. Gregory

Taxonomía e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 170. Pl. 22: Fig. 1-21.

**Plancha 2. Figura 6.** Largo: 16.98  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.5  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16.

Valvas con margen dorsal convexa y margen ventral recta. Ápices redondeados aparentando forma de nariz. Helictoglosa presente en la margen ventral cerca de los ápices. Largo: 17.9-42.7  $\mu\text{m}$ ; ancho: 3.2-4.4  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18-21.

*Eunotia cf. incisatula* Metzeltin & Lange-Bertalot

Taxonomia e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 242. Pl. 58: Fig. 1-10.

**Plancha 2. Figura 7.** Largo: 15.98  $\mu\text{m}$  - ancho: 3.39  $\mu\text{m}$  - estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18.

Valvas con margen dorsal convexa y margen ventral recta a poco cóncava. Ápices redondeados. Helictoglosa presente en la margen ventral cerca de los ápices. Estrías rectas. Largo: 15-30.7  $\mu\text{m}$ ; ancho: 2.3-3.6  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13-18.

*Eunotia cf. monodon* Ehrenberg

Taxonomia e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 332. Pl. 103: Fig. 1-4.

**Plancha 2. Figura 8.** Largo: --- - Ancho: 9.55  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas arqueadas con margen dorsal convexa y margen ventral recta. Estrías paralelas rectas. Estrías cortas en el lado dorsal de la valva. Largo: 68.6-103.9; ancho: 8.6-9.9; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 8-10.

*Eunotia cf. paludosa* Grunow

**Plancha 2. Figura 9.** Largo: 26.52  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.13  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18.

Taxonomia e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 160. Pl. 17: Fig. 1-10.

Valvas arqueadas con márgenes ventrales moderadamente cóncavas y dorsales convexas. Ápices redondeados y alargados. Helictoglosa ubicada cerca de los ápices. Estrías paralelas. Largo: 21.9-38.8  $\mu\text{m}$ ; ancho: 2.3-3.1; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 19-21.

*Eunotia cf. rabenhorstii* var. *triodon* Cleve & Grunow

*Eunotia* (Bacillariophyceae) from a subtropical stream adjacent to Iguazu National Park, Brazil, with the proposition of a new species. (Rosa et al., 2021). Pp.7. Fig. 3 ac-ad.

**Plancha 2. Figura 10.** Largo: 22.97  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.86  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16.

Valvas poco arqueadas. Margen dorsal convexa con tres ondulaciones siendo la central más pronunciada que las laterales. Margen ventral poco cóncava. Ápices redondeados. Estrías paralelas más densas hacia los ápices. Largo: 22.9-32.7  $\mu\text{m}$ ; ancho: 6.5-8.5  $\mu\text{m}$ ; Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12-14.

*Eunotia cf. veneris* (Kützing) De Toni

Taxonomia e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 174. Pl. 24: Fig. 1-16.

**Plancha 2. Figura 11.** Largo: 30  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13.

Margen dorsal convexa y margen ventral recta a poco cóncava. Ápices alargados en forma de nariz. Estrías paralelas con mayor densidad hacia los ápices. Helictoglosa presente en la parte más distal del ápice curvada hacia la zona dorsal de la valva. Largo: 17.8-73.1  $\mu\text{m}$ ; ancho: 4.5-6.9  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13-19.

*Eunotia flexuosa* (Brebisson) Kützing

An illustrated guide to some common diatom species from South Africa (Tylor et al., 2007). Pl.21

**Plancha 2. Figura 12.** Largo: 27.73  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.06  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18.

Valva poco arqueada. Margen dorsal convexa y margen ventral poco convexa. Ápices redondeados rostrados a subcapitados. Estrías paralelas. Helictoglosa presente cerca de los ápices curvada hacia la zona dorsal de la valva. Largo: 5-300  $\mu\text{m}$ ; ancho: 2-7  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9-20.

*Eunotia cf. intricans* Lange-Bertalot & Metzeltin

Taxonomia e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 184. Pl. 29: Fig. 1-18.

**Plancha 2. Figura 14.** Largo: 23.11  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.94  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18.

Margen dorsal convexa y margen ventral poco convexa. Ápices adelgazados y redondeados. Estrías rectas y paralelas con mayor densidad hacia los ápices. Helictoglosa presente cerca de los ápices curvada hacia la zona dorsal de la valva. Largo: 20.5-55.6  $\mu\text{m}$ ; ancho: 3.5-5.1  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11-16.

*Eunotia juettnerae* Lange-Bertalot

Taxonomia e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 148. Pl. 11: Fig. 1-15.

**Plancha 2. Figura 15.** Largo: 18.22  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.21  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 20.

Margen dorsal convexa y margen ventral recta a poco convexa. Ápices adelgazados y redondeados. Estrías rectas y paralelas con mayor densidad hacia los ápices. Helictoglosa presente cerca de los ápices curvada hacia la zona dorsal de la valva. Largo: 20.5-99.7  $\mu\text{m}$ ; ancho: 2.5-3.1  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 17-20.

*Eunotia subarcuatooides* Alles, Nörpel & Lange-Bertalot

Taxonomia e ecología de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. (Franco, 2015). Pp. 160. Pl. 17: Fig. 14-30.

**Plancha 2. Figura 16.** Largo: 16.34  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.62  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18.

Margen dorsal convexa y margen ventral recta. Ápices adelgazados y redondeados. Estrías rectas y paralelas. Helictoglosa presente cerca de los ápices curvada hacia la zona dorsal de la valva. Largo: 11.1-30.1  $\mu\text{m}$ ; ancho: 2.5-3.3  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18-25.

*Eunotia spp. 1* Ehrenberg

**Plancha 2. Figura 17.** Largo: 27.53  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.51  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18.

Valva suavemente arqueada. Margen dorsal convexa y margen ventral recta a poco convexa. Ápices adelgazados y redondeados. Estrías rectas y paralelas. Helictoglosa presente cerca de los ápices, curvada hacia la zona dorsal de la valva.

*Eunotia spp. 2* Ehrenberg

**Plancha 2. Figura 18.** Largo: 13.80  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.59  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 19.

Margen dorsal fuertemente convexa y margen ventral recta. Ápices redondeados. Estrías rectas y paralelas. Helictoglosa presente cerca de los ápices curvada hacia la zona dorsal de la valva.

*Fragilaria aff. biceps* (Kützing) Lange-Bertalot

An illustrated guide to some common diatom species from South Africa (Tylor et al., 2007). Pl. 13.

**Plancha 1. Figura 10.** Largo: 241.14  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.03  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Valvas lineares con ápices redondeados. Área axial estrecha. Área central pequeña un poco más ancha que el área axial. Estrías equidistantes, paralelas y convergentes. Presenta una rimopórtula en cada ápice. Largo: 160-750  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7-10  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 7-9.

*Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot

An illustrated guide to some common diatom species from South Africa (Tylor et al., 2007). Pl. 11.

**Plancha 1. Figura 11.** Foto 121 Largo: 151.92  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.78  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Ápices rostrados a subcapitados. Área axial estrecha. Estrías paralelas equidistantes. Presenta área hialina central con estrías fantasma. Largo: (27)50-250(600)  $\mu\text{m}$ ; ancho: (1.5)2-9  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 7-15(24).

*Frustulia crassinervia* (Brébisson ex W. Smith) Lange-Bertalot & Krammer

A morphological examination of *Frustulia* (Bacillariophyceae) from the Ocala National Forest, Florida, USA. (Silver y Baskette, 2004).

**Plancha 4. Figura 21.** Largo: 38.66  $\mu\text{m}$  - Ancho: 9.48  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas romboidales con márgenes onduladas. Ápices redondeados y moderadamente prolongados. Esternón muy visible, altamente silicificado. Largo: 34.5-48.0  $\mu\text{m}$ ; ancho: 9.0-10.5  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 33-35, medidas tomadas de *Diatoms of North America*, categoría: simétricas birrafídeas (Spaulding et al., 2021).

*Frustulia cf. krammeri* Lange Bertalot & Metzeltin.

Diatomáceas briofíticas em *Sphagnum* L. spp. E *Rhacocarpus inermis* (C. Muell.) Lindb. (Freiberger, 2005). pp. 88. Pl. 164: fig. 239-243

**Plancha 4. Figura 22.** Largo: 77.1  $\mu\text{m}$  - Ancho: 15.59  $\mu\text{m}$  - Estrías transapicales: --- - Estrías apicales: ---.

Valvas lanceoladas a romboidal-lanceoladas con ápices adelgazado- redondeados. Área axial linear estrecha. Área central elíptica. Rafe recto y esternón altamente silicificado. Estrías centrales paralelas y longitudinales onduladas. Largo: 75.3-91.5  $\mu\text{m}$ ; ancho: 15-20  $\mu\text{m}$ ; estrías transapicales en 10  $\mu\text{m}$  28-29; estrías apicales en 10  $\mu\text{m}$  22-24.

*Frustulia rostrata* Hustedt

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor, Harding y Archibald, 2007). Pl. 45.

**Plancha 4. Figura 23.** Largo: 32.96  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.66  $\mu\text{m}$  - Estrías apicales en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Estrías transapicales en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lineares con bordes poco convexos y alargados. Esternón altamente silicificado y rafe recto. Ápices subcapitados. Largo: 30-50  $\mu\text{m}$ ; ancho: 4-7  $\mu\text{m}$ ; estrías transapicales en 10  $\mu\text{m}$  40; estrías apicales en 10  $\mu\text{m}$  36.

*Frustulia* spp. 1 Rabenhorst

**Plancha 5. Figura 1.** Largo: 53.38  $\mu\text{m}$ ; ancho: 12.98  $\mu\text{m}$ ; Estrías en 10  $\mu\text{m}$  --

Valvas lanceoladas con curvatura pronunciada en el centro. Esternón altamente silicificado con rafe recto. Ápices adelgazados rostrados.

*Frustulia* spp. 2 Rabenhorst

**Plancha 5. Figura 2.** Largo: 48.71  $\mu\text{m}$ ; ancho: 10.34  $\mu\text{m}$ ; Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lineares con bordes poco convexos y alargados. Esternón altamente silicificado y rafe recto. Ápices subcapitados.

*Geissleria* spp. 1 Lange-Bertalot & Metzeltin

**Plancha 4. Figura 11.** Largo: 21.48  $\mu\text{m}$ ; ancho: 6.29  $\mu\text{m}$ ; Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 15.

Valvas lanceoladas con ápices rostrados. Rafe recto y filiforme. Área axial estrecha y linear. Área central pequeña formada por el acortamiento de estrías a cada lado de la valva.

*Gomphonema aff. graciloides* Hustedt

*Gomphonema* Ehrenberg (Bacillariophyceae, Gomphonemataceae) of the São Francisco Falso River, Paraná, Brazil (Madeiros et al., 2018). pp. 13. Pl. 2: fig. 34-36.

**Plancha 7. Figura 7.** Largo: 48  $\mu\text{m}$  - Ancho: 9  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13.

Valvas lanceoladas con terminación apical apiculada y terminación basal redondeada. Esternón raquídeo angosto. Área central asimétrica delimitada por el acortamiento de la estría central. Rafe poco lateral, sinuoso con terminaciones proximales dilatadas en poro y curvadas hacia el estigma. Estigma asociado a la estría central más larga. Terminaciones distales del rafe poco definidas. Estrías paralelas, presentan mayor espaciado en el centro y forma radial hacia los ápices. Largo: 35.5-49.6  $\mu\text{m}$ ; ancho: 8.2-10.5  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$  10-12.

*Gomphonema cf. affine* Kützing

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 117.

**Plancha 7. Figura 8.** Largo: 22.5  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.7  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14.

Valvas heteropolares en forma de basto con ápices adelgazados y redondeados. Área axial linear, angostándose hacia los ápices. Área central pequeña y asimétrica formada por el acortamiento de la estría central opuesta al lado valvar donde se ubica el estigma. Estigma asociado a la estría central más larga. Rafe lateral con terminaciones proximales redondeadas y terminaciones distales en forma de coma (.). Estrías centrales radiales y fuertemente radiales hacia los ápices. Largo: 36-88  $\mu\text{m}$ ; ancho: 9-13.6  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$  8-11(12).

*Gomphonema angustatum* (Kützing) Rabenhorst

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 125.

**Plancha 7. Figura 9.** Largo: 29.85  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.29  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$  14.

Valvas heteropolares, lanceoladas a romboidales lanceoladas. Ápices adelgazados redondeados. Área axial formada por el acortamiento de las estrías centrales. Estigma asociado a la estría central más larga. Rafe levemente lateral. Largo: 16-48  $\mu\text{m}$ ; ancho: 5.3-6.7  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$  10-14.

*Gomphonema augur* var. *sphaerophorum* (Ehrenberg) Lange-Bertalot

Diatoms from the Colombian and Peruvian Amazon: the genera *Encyonema*, *Encyonopsis* and *Gomphonema* (Cymbellales: Bacillariophyceae) (Vouilloud et al., 2010). Pp. 56. Fig. 40-41.

**Plancha 7. Figura 10.** Largo: 46.37  $\mu\text{m}$  - Ancho: 12.91  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$  11.

Valvas heteropolares con polos basal y apical poco capitados. Ancho máximo en el área central. Estrías uniseriadas y paralelas en el centro mientras que hacia los ápices son radiadas. Las dos estrías centrales presentan mayor separación que las demás. Rafe sinuoso en vista externa y terminaciones proximales rectas expandidas en poro. Fisuras terminales del rafe sinuosas. Estigma central asociado a la estría central más larga. Área central asimétrica un poco expandida lateralmente por el acortamiento de la estría central opuesta al lado del estigma. Largo: 40-56  $\mu\text{m}$ ; ancho: 12-15  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10-12.

*Gomphonema* cf. *gracile* Ehrenberg

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 125.

**Plancha 7. Figura 11.** Largo: 30.13  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.35  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 15.

Valvas heteropolares lanceoladas a romboidales-lanceoladas. Valvas estrechas en vista cingular. Área axial linear angosta hacia los ápices. Área central redondeada y asimétrica formada por las estrías centrales cortas. Estigma central asociado a la estría central más larga. Rafe levemente lateral. Largo: 20-30  $\mu\text{m}$ ; Ancho: 4-6  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$  9-17

*Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 122.

**Plancha 7. Figura 12.** Largo: 20.42  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.71  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$  16.

Valvas heteropolares lanceoladas a elípticas-ovaladas. Ápices alargados y poco capitados. Área axial estrecha y linear. Área central pequeña formada por el acortamiento de las estrías centrales. Estigma asociado a la estría más larga del área central. Rafe poco lateral. Estrías paralelas a poco radiadas. Largo: 10-36  $\mu\text{m}$ ; ancho: 4-8  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 7-20

*Gomphonema cf. pseudoaugur* Lange-Bertalot

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 124.

**Plancha 7. Figura 13.** Largo: 31.25  $\mu\text{m}$  - Ancho: 9.88  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas marcadamente heteropolares ovaladas a lanceoladas (con forma de basto). Poco alargada con terminaciones adelgazadas redondeadas. Área axial estrecha y linear con área central pequeña formada por el acortamiento de las estrías centrales. Presenta estigma asociado a la estría central más larga. Rafe poco lateral. Estrías levemente radiales. Largo: 25-55  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7-10  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9-12.

*Gomphonema spp. 1* Ehrenberg

**Plancha 7. Figura 14.** Largo: ---  $\mu\text{m}$  - Ancho: 9.88  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas heteropolares apiculadas. Ápices redondos. Área axial estrecha y linear. Área central pequeña generada por el acortamiento de la estría central. Estrías radiales hacia el centro de la valva y convergentes hacia los ápices. Nódulo apical. Estigma asociado a la estría central más larga.

*Gomphonema spp. 2* Ehrenberg

**Plancha 7. Figura 15.** Largo: ---  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.72  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 15.

Valvas heteropolares lanceoladas. Ápices redondos. Área axial estrecha y linear. Rafe filiforme. Estrías rectas y paralelas. Estigma asociado a la estría central más larga. Área axial estrecha y linear. Área central pequeña generada por el acortamiento de la estría central.

*Gyrosigma cf. scalproides* (Rabenhorst) Cleve

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 36.

**Plancha 5. Figuras 3-4.** Largo: 78.72  $\mu\text{m}$  - Ancho: 12.2  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 20-22.

Valvas lineares sigmoideas con ápices redondeados. Área central pequeña y elíptica. Largo: 40-70  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7-11; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 20-24.

*Gyrosigma spp. 1* Hassall

**Plancha 5. Figura 5.** Largo: 99.9  $\mu\text{m}$  - Ancho: 12.77  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 19-20.

Valvas lineares sigmoideas con ápices redondeados. Área central pequeña y elíptica.

*Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 137.

**Plancha 12. Figura 4.** Largo: 65.9  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.64  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 21 - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 8.

**Plancha 12. Figura 5.** Largo: 63.34  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.34  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 21 - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 8.

Valvas dorsiventrales y márgenes lineares, asimétricas en el eje apical. Cóncavas en el centro. Ápices prolongados y rostrados. Estrías poco radiadas hacia los ápices. Fíbulas distribuidas irregularmente e interrumpidas en la zona cóncava central. Largo: 20-210(300)  $\mu\text{m}$ ; ancho: 5-15(25)  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11-28; fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 4-11.

*Hantzschia spp. 1* Grunow

**Plancha 12. Figura 6.** Largo: 24.44  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 7-8.

Valvas asimétricas en el eje apical, cóncavas en el centro. Ápices prolongados y rostrados. Fíbulas distribuidas irregularmente en la margen contraria a la cóncava.

*Hantzschia spp. 2* Grunow

**Plancha 12. Figura 7.** Largo: 32.71  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.8  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 7.

Valvas asimétricas en el eje apical y en el eje transapical. Valvas cóncavas en el centro. Ápices prolongados y rostrados. Fíbulas distribuidas irregularmente en una de sus márgenes.

*Luticola acidoclinata* Lange-Bertalot

Diatomáceas briofíticas em *Sphagnum* L. spp. E *Rhacocarpus Inermis* (C. Muell.) Lindb. (Freiberger, 2005). Pp.93. Pl. IX: fig.214-220.

**Placa 3. Figura 16.** Largo: 20.72  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.37  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 22.

**Placa 3. Figura 17.** Largo: 19.75  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.05  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

**Placa 3. Figura 18.** Largo: 16.27  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.01  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 20.

**Placa 3. Figura 19.** Largo: 12.19  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.86  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 20.

Valvas romboides-lanceoladas a lanceoladas. Márgenes onduladas o con leve ondulación. Extremidades redondeadas. Área axial linear estrecha. Área central rectangular expandida hacia los ápices, limitada por estrías acortadas. Estigma presente en el estauro central. Extremidades proximales y distales del rafe curvadas hacia el mismo lado opuesto al estigma. Largo: 12.9-30.3  $\mu\text{m}$ ; ancho: 5.8-6.9  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 20-22.

*Luticola cf. cohnii* (Hilse) D. G. Mann

Biological soil crusts from coastal dunes at the Baltic Sea: cyanobacterial and algal biodiversity and related soil properties. (Schuls, et al., 2016). Pp. 188. Fig. 3 k-ad.

**Plancha 3. Figura 21.** Largo: 11.06  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.96  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

**Plancha 3. Figura 22.** Largo: 9.98  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.95  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas elipsoides simétricas en el eje apical y transapical. Extremos apicales redondeados. Área axial linear estrecha. Área central rectangular expandida hacia los ápices. Estigma presente en el estauro central. Extremidades proximales y distales del rafe curvadas hacia el mismo lado opuesto al estigma.

*Luticola aff. goeppertiana* (Bleisch) D. G. Mann ex J. Rarick, S. Wu, S. S. Lee & Edlund

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 50.

**Plancha 3. Figura 20.** Largo: 28.05  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.59  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 21.

Valvas romboidales-lanceoladas a elípticas-lanceoladas. Ápices redondeados. Área axial estrecha y linear, se amplía cerca al área central. Presenta estigma en el estauro central. Terminaciones proximales y distales del rafe curvadas hacia el lado opuesto al estigma. Terminación distal del rafe se curva en forma de gancho. Largo: 10-65  $\mu\text{m}$ ; ancho: 6-15  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18-24.

*Luticola incana* Levkov, Metzeltin & A. Pavlov

Diversidad del género *Luticola* (Bacillariophyceae) en sedimentos holocénicos de la Puna jujeña, Argentina. (Bustos et al., 2017). Pp. 17. Fig. 2 a-d.

**Plancha 4. Figura 1.** Largo: 18.67  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.08  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 20.

Valvas lineares a linear-elípticas. Ápices redondeados. Área axial angosta y linear; área central ligeramente asimétrica, transversalmente rectangular. Un solo estigma presente en el área central más próximo al margen que al centro. Rafe con las terminaciones proximales y distales curvadas hacia el lado opuesto del estigma. Estrías transapicales radiales cerca del centro de la valva. Largo: 11.0-24.5  $\mu\text{m}$ ; ancho: 4.5-8.5  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16-21.

*Luticola cf. lancettula* Z. Levkov, D. Metzeltin & A. Pavlov

Nuevos registros de Bacillariophyceae en ecosistemas lóticos del Noroeste de Argentina I. (2017). Pp. 250. Fig. 3 i.

**Plancha 4. Figura 2.** Largo: 17.41  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.72  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 22.

Valvas lanceoladas. Ápices redondeados. Área axial angosta y linear. Área central rectangular. Un solo estigma presente en el área central más próximo al centro que al margen. Rafe con las terminaciones proximales y distales curvadas hacia el lado opuesto del estigma. Largo: 18  $\mu\text{m}$ ; ancho: 6.8  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 23.

*Luticola moaiorum* Peszek, M. Rybak, A. Witkowski & Lange-Bertalot

Three new *Luticola* D.G. Mann (Bacillariophyta) species from Rapa Nui (Easter Island) found in terrestrial diatom assemblages dominated by widely distributed taxa. (2021). Pp. 10. Fig. 4 A-N.

**Plancha 4. Figura 3.** Largo: 16.36  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.8  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 19.

**Plancha 4. Figura 4.** Largo: 8.71  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.49  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas elípticas-lanceoladas simétricas. Ápices redondeados. Área axial estrecha y linear. Área central en forma de corbatín. Estigma en el estauro central. Terminaciones rafídeas proximales y

distales curvadas hacia el lado opuesto de la ubicación del estigma. Largo: 8.9-24.3  $\mu\text{m}$ ; ancho: 4.3-7.9  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18-24.

*Luticola muticoides* (Hustedt) D. G. Mann

Diatomáceas briofíticas em *Sphagnum* L. spp. E *Rhacocarpus Inermis* (C. Muell.) Lindb. (Freiberger, 2005). Pp. 83. Pl. IX. Fig. 224-228.

**Plancha 4. Figura 5.** Largo: 13.46  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.73  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

**Plancha 4. Figura 6.** Largo: 10.15  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.15  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas elípticas a elípticas-lanceoladas. Extremos redondeados. Área axial estrecha y linear. Área central expandida lateralmente. Estigma localizado en el área central cerca de la margen valvar. Terminaciones proximales y distales del rafe curvadas hacia el mismo lado opuesto al estigma. Largo: 8.2-19  $\mu\text{m}$ ; ancho: 5.7-9.3  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 21-24.

*Luticola* spp. 1 D. G. Mann

**Plancha 4. Figura 7.** Largo: 22.28  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.84  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 19.

Valvas lanceoladas simétricas. Área axial angosta. Área central rectangular abultada generando curvatura en la margen valvar. Terminaciones proximales del rafe curvadas hacia la misma dirección.

*Luticola* spp. 2 D. G. Mann

**Plancha 4. Figura 8.** Largo: 19.4  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.72  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas romboidales lineares simétricas. Ápices redondeados. Área axial estrecha y linear. Área central rectangular con estigma cerca al margen. Terminaciones rafídeas proximales y distales curvadas hacia el mismo lado opuesto al estigma.

*Luticola spp.* 3 D. G. Mann

**Plancha 4. Figura 9.** Largo: 14.13  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.74  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lanceoladas simétricas. Ápices redondeados. Área axial angosta. Área central rectangular abultada generando curvatura en la margen valvar.

*Luticola spp.* 4 D. G. Mann

**Plancha 4. Figura 10.** Largo: 27.18  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.54  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---

Valvas lineares lanceoladas. Rafe recto con terminaciones proximales poco curvas hacia la misma dirección y terminaciones distales curvadas hacia la misma dirección, pero contrarias a las proximales. Estauro central rectangular alcanzando los márgenes valvares. Estigma en un costado del área central.

*Navicula cf. antonii* Lange-Bertalot

Diatoms of North America, categoría: simétricas birrafídeas (Spaulding et al. 2021)

**Plancha 3. Figura 6.** Largo: 21.09  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.45  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16.

Valvas lanceoladas con rafe filiforme. Área axial estrecha y linear. Área central pequeña y ovalada. Estrías radiadas cerca del centro de la valva. Estrías convergentes hacia los ápices. Largo: 10-23.8; ancho: 4.2-7.3; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16-22.

*Navicula cf. Symmetrica* Patrick

Diatoms of North America, categoría: simétricas birrafídeas (Spaulding et al. 2021)

**Plancha 3. Figura 7.** Largo: 26.56  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.65  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13.

Valvas lineares lanceoladas con ápices estrechos redondeados. Área axial estrecha y linear. Área central redondeada asimétrica. Estrías radiadas en el centro y a través de la valva. Largo: 24-34.5; ancho: 5-6.5  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16-22.

*Navicula cf. viridula var. germanii* (Wallace) Lange-Bertalot

Bibliotheca Diatomologica 27, Vo.2. (Lange-Bertalot, 1993). Pp.139. Pl.53. Fig.12-13.

**Plancha 3. Figura 8.** Largo: 29.69  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.18  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13.

Valvas lanceoladas con ápices prolongados y redondeados. Rafe filiforme. Terminaciones proximales del rafe. Área axial estrecha y área central elíptica. Estrías radiadas y poco convergentes hacia los ápices. Largo: 26-40; ancho: 5.8  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13-15.

*Navicula Rostellata* (Kützing) Cleve

Bibliotheca Diatomologica 27, Vo.2. (Lange-Bertalot, 1993). Pp. 270. Pl.53: Fig.14-16.

**Plancha 3. Figura 9.** Largo: 38.31  $\mu\text{m}$  - Ancho: 9.68  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14.

Valvas lineares a linear-lanceoladas, ligeramente convexas, márgenes rectas y con ápices subrostradas. Área axial angosta y recta, área central elíptica y ligeramente asimétrica. Rafe recto, con los extremos proximales ligeramente curvados hacia el mismo lado. Estrías en el centro más distantes, fuertemente radiales y paralelas a convergentes hacia los ápices. Largo: 34-50; ancho: 8-10  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11-14.

*Navicula veneta* Kützing

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 73.

**Plancha 3. Figura 10.** Largo: 17.22  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.52  $\mu\text{m}$  – Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16.

Valvas romboidales lanceoladas. Ápices poco pronunciados. Rafe recto y área axial estrecha y linear. Área central pequeña rodeada por estrías cortas. Estrías radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices. Largo: 13-30; ancho: 5-6  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13.5-15.

*Navicula spp. 1 Bory*

**Plancha 3. Figura 11.** Largo: 23.89  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.72  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 15.

Valvas lineares lanceoladas. Área axial estrecha. Área central elipsoide generada por el acortamiento de las estrías centrales. Estrías radiadas y curvadas en el centro y convergentes hacia los ápices.

*Navicula spp. 2 Bory*

**Plancha 3. Figura 12.** Largo: 34.02  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.28  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18.

Valvas elípticas-lanceoladas. Ápices apiculados. Estrías radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices. Área axial estrecha.

*Nitzschia terrestris* (J. B. Petersen) Hustedt

Diatomeas del Canal de Panamá: bioindicadores y otros estudios pioneros. Autoridad del Canal de Panamá & Universidad de Panamá. (2012). Pp. 190. Pl. XVIII: Fig. 8-11.

**Plancha 11. Figura 6.** Largo: 28.49  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.02  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 6.

Frústulo linear constreñido en el centro. Extremos de las valvas abultados. Fíbulas espaciadas irregularmente. Ápices rostrados redondeados. Largo: 25-115; ancho: 3-5  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 32-35; fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 5-8. Medidas tomadas de Lange Bertalot (1988).

*Nitzschia cf. capitellata* Hustedt

Sübwasserflora von Mitteleuropa. (Krammer y Lange-Bertalot, 1988). Pp. 30. Pl. 22: 7-11.

**Plancha 11. Figura 7.** Largo: 43.74  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.28  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Margen valvar constreñida en el centro. Fíbulas espaciadas irregularmente. Ápices prolongados – subrostrados. Largo: 20-70; ancho: 3.5-6.5  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---; fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 10-18.

*Nitzschia cf. goetzeana* O. Müller

Süßwasser-Diatomeen. (Hustedt, 1949). Pl. 12. Fig.24-25.

**Plancha 11. Figura 8.** Largo: 53.02  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.88  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas estrechas lineares lanceoladas. Ápices adelgazados. Fíbulas espaciadas irregularmente.

*Nitzschia cf. palea* (Kützing) Wm. Smith

Diatomáceas briofíticas em Sphagnum L. spp. E Rhacocarpus Inermis (C. Muell.) Lindb. Freiburger. (2005). Pp.201. Pl. 20: Fig: 391-392.

**Plancha 11. Figura 9.** Largo: 22  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.04  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares lanceoladas. Ápices rostrados a subcapitados. Fíbulas irregularmente espaciadas. Largo: 21.8-29; ancho: 2.4-4.1  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---; fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 11-14.

*Nitzschia cf. sigma* (Kützing) Smith

Diatomeas del Canal de Panamá: bioindicadores y otros estudios pioneros. Autoridad del Canal de Panamá & Universidad de Panamá. (2012). Pp. 238. Pl. XVIII: Fig. 6-10.

**Plancha 11. Figura 10.** Largo: 43.44  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.25  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares sigmoideas. Ápices adelgazados. Fíbulas espaciadas irregularmente. Largo: 37.6; ancho: 4  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---; fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

*Nitzschia spp. 1* Hassall

**Plancha 11. Figura 11.** Largo: 27.55  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.81  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lineares estrechas. Ápices alargados. Fíbulas espaciadas irregularmente.

*Nitzschia spp. 2* Hassall

**Plancha 11. Figura 12.** Largo: 23.70  $\mu\text{m}$  - Ancho: 2.96  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lineares-lanceoladas estrechas. Ápices rostrados a subcapitados redondeados.

*Nitzschia spp. 3* Hassall

**Plancha 12. Figura 1.** Largo: 113.43  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.57  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 9.

Valvas lineares. Márgenes rectas paralelas. Ápices adelgazados.

*Nitzschia spp. 4* Hassall

**Plancha 11. Figura 13.** Largo: 24.44  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.33  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lineares-lanceoladas. Ápices prolongados subcapitados. Fíbulas espaciadas de forma equidistante.

*Nitzschia spp. 5* Hassall

**Plancha 11. Figura 14.** Largo: 23.61  $\mu\text{m}$  - Ancho: 2.27  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lineares-lanceoladas. Ápices prolongados subcapitados.

*Nitzschia spp.* 6 Hassall

**Plancha 12. Figura 3.** Largo: 60.42  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.52  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares-lanceoladas. Ápices redondeados. Fíbulas fácilmente observables en ambas márgenes. Fíbulas espaciadas irregularmente.

*Nitzschia spp.* 7 Hassall

**Plancha 12. Figura 2.** Largo: 99.3  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.73  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : --- - Fíbulas en 10  $\mu\text{m}$ : 8.

Valvas lineares con márgenes rectas. Adelgazadas hacia los extremos. Ápices prolongados subcapitados. Fíbulas con mayor espaciado hacia las terminaciones valvares y más densas en el centro.

*Pinnularia cf. acoricola* Hustedt

Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, bacia hidrográfica litorânea paranaense, Brasil (Tremarin et al. 2010). pp.342. Figs. 3-6.

**Plancha 7. Figura 16.** Largo: 36.16  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.1  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares-lanceoladas con ápices adelgazados redondeados. Estrías radiadas a convergentes hacia los ápices. Área axial estrecha ampliándose hacia el centro en forma romboidal alcanzando los bordes de la valva. Rafe filiforme con terminaciones proximales curvas. Largo: 16.6-29.2  $\mu\text{m}$ ; ancho: 4-4.7  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16-18.

*Pinnularia acrosphaeria* W. Smith

Krammer & Lange-Bertalot (1986). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Pp. 806. Pl. 181: fig. 1-3.

**Plancha 7. Figura 17.** Largo: 86  $\mu\text{m}$  - Ancho: 13.41  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas lineares abultadas en el centro. Extremos anchos, redondeados y ligeramente abultados. Área axial ancha. Área central ausente. Estrías poco radiales casi paralelas, convergentes hacia los extremos, aunque algunas veces son casi marginales. Rafe lateral con fisuras proximales curvas hacia el mismo lado y fisuras distales en forma de hoz. Largo: 43-74  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7.4-12  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12-14. Medidas tomadas de Toledo y Comas, 2013.

*Pinnularia aff. gibba* Ehrenberg

Diatomáceas briofíticas em Sphagnum L. spp. E Rhacocarpus Inermis (C. Muell.) Lindb (Freiberger, 2005). Pp. 108. Pl. XVI. Figs. 311-317.

**Placa 7. Foto 18.** Largo: 59.34  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.79  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

**Placa 7. Foto 19.** Largo: 46.88  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.1  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares con ápices subcapitados a subrostrados, redondeados. Área axial lanceolada expandida hacia los bordes. Rafe filiforme con extremidades proximales y distales curvadas hacia la misma dirección. Estrías transapicales radiadas a convergentes en los extremos. Largo: 50-94.1  $\mu\text{m}$ ; ancho: 6.9-10.8  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9-13.

*Pinnularia borealis* Ehrenberg

Rybak et al. (2018) The aerophytic diatom assemblages developed on mosses covering the bark of Populus Alba L. pp. 117. Figs. 1-10.

**Plancha 8. Figura 1.** Largo: 48.84  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.14  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 5.

**Plancha 8. Figura 2.** Largo: 39.67  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.12  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 6.

Valvas lineares a lineares elípticas. Márgenes paralelas a poco convexas. Ápices redondeados. Extremos proximales del rafe curvados hacia un mismo lado. Fisuras terminales del rafe en forma de hoz. Área central amplia y redondeada, puede alcanzar las márgenes valvares. 1-2 estrías centrales a menudo ausentes. Las estrías son anchas y distantes. Largo: 24.42  $\mu\text{m}$ ; ancho: 85-10  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 5-6 (medidas tomadas de Tylor et al., 2007).

*Pinnularia brauniana* var. *sanctipaulensis* Rocha & Bicudo

The genus *Pinnularia* (Bacillariophyta, Pinnulariaceae) from Lago dos Tigres, Britânia, Goiás, Brazil (Da Silva et al. 2016). Pp. 18. Fig.27.

**Plancha 8. Figura 3.** Largo: 43.14  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.83  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineales-lanceoladas con ápices capitados. Área axial lineal a lineal-lanceolada. Área axial puede ser romboidea con fascia amplia alcanzando las márgenes. Rafe lateral con fisuras terminales en forma de hoz y fisuras proximales curvas hacia el mismo lado. Estrías irradiadas en el centro y convergentes hacia las terminaciones valvares. Largo: 49.12-53.93  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7.65-8.37  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10-12.

*Pinnularia braunii* Cleve

The United States. Ruth Patrick Charles W. Reimer. Department of Limnology- Academy of Natural Sciences of Philadelphia. #13. Philadelphia Pennsylvania. (1966)

**Plancha 8. Figura 4.** Largo: 44.48  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.76  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares con lados paralelos rectos. Ápices subcapitados un poco más estrechos que las valvas. Área axial lanceolada ensanchándose en una fascia central que alcanza los márgenes valvares. Estrías radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices. Rafe poco lateral con terminaciones proximales en poros y curvas hacia al mismo lado.

*Pinnularia cf. certa* Krammer & Metzeltin

The genus *Pinnularia* (Bacillariophyta, Pinnulariaceae) from Lago dos Tigres, Britânia, Goiás, Brazil (Da Silva et al. 2016). Pp. 17. Fig. 12.

**Plancha 8. Figura 5.** Largo: 51.84  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.82  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares-lanceoladas con ápices redondeados y estrechos. Área axial lanceolada ensanchándose en el área central en forma rectangular alcanzando las márgenes valvares. Rafe lateral con fisuras proximales unilateralmente curvas y fisuras distales. Estrías cortas, radiadas en el centro y convergentes hacia las terminaciones valvares. Largo: 48-60  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7-9  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10-11.

*Pinnularia cf. microstauron* (Ehrenberg) Cleve

Diatoms of North America. (Silver & Hamilton, 2011). Pp. ---. Fig. ---

**Plancha 8. Figura 9.** Largo: 27.69  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.74  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14.

Valvas lineales con lados paralelos a poco convexos. Ápices rostrados, pueden ser un poco más estrechos que las valvas. Área axial estrecha ensanchándose abruptamente en una fascia central de forma romboidal. Estrías radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices. Rafe poco lateral con terminaciones proximales en poros y curvadas hacia al mismo lado, mientras que las terminaciones distales del rafe terminan en forma de coma (,) y están rodeadas por estrías en los ápices. Largo: 27-81  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7-12  $\mu\text{m}$ ; Estrías: 9-11 en 10  $\mu\text{m}$ .

*Pinnularia cf. saprophila* Lange-Bertalot; H, Kobayasi and Krammer P. 4. F. 3.

Diatoms of North America, categoría: simétricas birrafídeas (Spaulding et al. 2021)

**Plancha 8. Figura 10.** Largo: 54.81  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.14  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares con ápices capitados en los individuos más largos y poco prolongados en los individuos pequeños. Área axial lanceolada ensanchándose en una gran área central que alcanza los márgenes de la valva. Rafe casi recto con las terminaciones proximales curvas hacia un lado.

Estrías poco dobladas y cortas hacia el centro de la valva y convergentes hacia los ápices. Algunos individuos pueden tener una densidad de estrías más alta que la descripción original. Largo: 22-45  $\mu\text{m}$ ; ancho: 5.2-6.7  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10-12.

*Pinnularia cf. viridiformis* Krammer

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 91.

**Plancha 8. Figura 11.** Largo: 66.2  $\mu\text{m}$  - Ancho: 12.46  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9.

Valvas lineares con márgenes paralelas, poco convexas. Ápices redondeados un poco más delgados que la parte central de la valva. Terminaciones proximales del rafe terminan en poro. El área axial es de 1/5 a 1/4 del ancho de la valva. Área central redondeada asimétrica (un poco más redondeada hacia uno de los costados). Largo: 67-145  $\mu\text{m}$ ; ancho: 14-21  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$  7-9.

*Pinnularia divergens* Smith

Iconographia diatomológica. Vol.2. (Lange-Bertalot & Metzeltin, 1996). Pp. 214. Pl. 48: Fig. 1-3.

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 89.

**Plancha 8. Figura 6.** Largo: 72.55  $\mu\text{m}$  - Ancho: 12.01  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

**Plancha 8. Figura 7.** Largo: 42.94  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.48  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

**Plancha 8. Figura 8.** Largo: 41.70  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.36  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas trionduladas con ápices subcapitados a capitados. Área axial amplia, ensanchándose hacia el centro cuya forma es romboidal. Área central alcanza los márgenes valvares por medio de una fascia angosta. Estrías radiadas hacia el centro y hacia los ápices en direcciones contrarias.

*Pinnularia aff. latevittata* Cleve

Iconographia diatomologica. Vol. 9. (Lange-Bertalot & Rumrich, 2000). Pl. 137. Figs. 1-2.

**Plancha 9. Figura 1.** Largo: 149  $\mu\text{m}$ ; ancho: 20  $\mu\text{m}$ ; Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 8.

**Plancha 9. Figura 2.** Largo: 129.12  $\mu\text{m}$  - Ancho: 18.66  $\mu\text{m}$  - Etrias en 10  $\mu\text{m}$ : 7.

Valvas lineares con ápices redondeados. Esternón rafídeo estrecho y linear. Área central redonda sin llegar a las márgenes valvares. Fisuras rafídeas proximales curvas. Estrías radiadas a levemente convergentes hacia los ápices. Largo: 208.7-261.5  $\mu\text{m}$ ; ancho: 33.9-36.9  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 5.

*Pinnularia cf. microstauron var. nonfasciata* Krammer

Diatoms of north américa: the fresh water flora of waterbodies on the Atlantic Coastal plain. Vol. 22. (Silver & Hamilton, 2011).

**Plancha 8. Figura 12.** Largo: 27.48  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.38  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14.

Valvas lineares con lados paralelos rectos a poco convexos. Ápices rostrado un poco más estrechos que las valvas. Área axial lanceolada ensanchándose en una fascia central de forma romboidal que alcanza los márgenes valvares. Estrías radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices. Rafe poco lateral con terminaciones proximales en poros y curvas hacia al mismo lado.

*Pinnularia nobilis* (Ehrenberg) Ehrenberg

Iconographia diatomológica. Vol.2. (Lange-Bertalot & Metzeltin, 1996). Pp. 230. Pl. 56: Fig. 2.

**Plancha 9. Figura 3.** Largo: 154.42  $\mu\text{m}$  - Ancho: 20.78  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 7-10.

Valvas lineares poco abultadas en la región central. Extremidades redondas. Esternón del rafe linear. Área central redondeada más expandida a uno de los lados de la valva. Estrías radiadas hacia el centro y convergentes hacia las extremidades. Extremos proximales del rafe terminan en poro.

*Pinnularia obscura* Krasske

Diatomeas del Canal de Panamá: bioindicadores y otros estudios pioneros. (Autoridad del Canal de Panamá & Universidad de Panamá, 2012). Pp. 194. Pl. 20: Fig. 3-4.

**Plancha 9. Figura 4.** Largo: 22.35  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.08  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14.

Valvas lanceoladas con terminaciones redondeadas. Área axial linear ampliándose transapicalmente en una fascia elongada que alcanza las márgenes valvares. Estrías radiadas cerca de los ápices y rectas hacia la zona central. Terminaciones proximales del rafe poco curvas. Largo: 13-19; ancho: 4-6  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14-16.

*Pinnularia oominensis* H. Kobayasi

Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, bacia hidrográfica litorânea paranaense, Brasil (Tremarin, et al. 2010) pp. 348. Figs. 48-55.

**Plancha 9. Figura 5.** Largo: 28.47  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.63  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13.

**Plancha 9. Figura 6.** Largo: 25.09  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.72  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

**Plancha 9. Figura 7.** Largo: 24  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13.

Valvas lanceoladas con ápices reducidas-redondeadas. Esternón rafídeo lanceolado amplio. Área central amplia cuadrangular alcanzando las márgenes de la valva. Rafe filiforme con fisuras proximales curvas hacia el mismo lado. Estrías cortas irradiadas en el centro y convergentes hacia los extremos. Largo: 13.4-36.3  $\mu\text{m}$ ; ancho: 4-6.3  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10-16.

*Pinnularia parvulissima* Krammer

Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from running Waters in NW Iberian Peninsula (Galicia, Spain) (Leira et al., 2017). Pp. 11. Fig. 6f.

**Plancha 10. Figura 1.** Largo: 68.72  $\mu\text{m}$  - Ancho: 9.13  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Valvas lineares con lados poco convexos. Ápices rostrados a subcapitados y redondeados. Área central amplia con fascia romboidal extendiéndose hasta la margen valvar. El área axial se ensancha hacia los ápices. Estrías radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices. Las medidas reportadas por Leira et al., 2009 fueron: Largo: 51.4  $\mu\text{m}$ ; ancho: 9.9  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

*Pinnularia rumrichiae* Krammer

The genus *Pinnularia* (Bacillariophyta, Pinnulariaceae) from Lago dos Tigres, Britânia, Goiás, Brazil (Da Silva et al. 2016). Pp. 18. Fig. 26.

**Plancha 9. Figura 8.** Largo: 39.99  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.71  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas lineares con ápices capitados y cuellos delgados. Área axial lanceolada y área central romboidea con fascia alcanzando las márgenes. Rafe filiforme a poco lateral con fisuras distales en forma de hoz y fisuras proximales curvas hacia el mismo lado. Estrías radiadas en el centro y convergentes hacia las terminaciones de las valvas. Largo: 38.17-43.24  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7.12-8.01  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10-12.

*Pinnularia subcapitata* O. Müller

Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, bacia hidrográfica litorânea paranaense, Brasil. (Tremarin et al., 2010). Pp. 351. Fig. 108-119.

**Plancha 10. Figura 2.** Largo: 36.8  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.24  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares con ápices subcapitados. Área axial lanceolada ensanchándose en un área central amplia que alcanza los márgenes valvares. Rafe casi recto con terminaciones proximales curvadas hacia el mismo lado y las terminaciones distales en forma de gancho. Estrías poco radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices. Largo: 31.5-46.2; ancho: 5.8-6.2  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

*Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata* Krammer

Diatomáceas briofíticas em *Sphagnum* L. spp. E *Rhacocarpus Inermis* (C. Muell.) Lindb. Freiburger. (2005). Pp.115. Pl. XVI: Fig: 307-310.

**Plancha 10. Figura 3.** Largo: 57.88  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.42  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Valvas lineares. Extremidades angostas redondeadas. Área central lanceolada expandiéndose hacia el centro en un área central que alcanza los márgenes valvares. Rafe filiforme con terminaciones proximales y distales curvadas en la misma dirección. Estrías radiadas a convergentes en las extremidades. Largo: 49-60; ancho: 48-8.6  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9-13.

*Pinnularia subgibba* Krammer

Iconographia diatomológica. Vol.2. (Lange-Bertalot & Metzeltin, 1996). Pp. 222. Pl. 52: Fig. 5-7.

**Plancha 10. Figura 4.** Largo: 68.24  $\mu\text{m}$  - Ancho: 10.65  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Valvas lineares con márgenes rectas. Área axial lanceolada expandiéndose en el centro para generar un área central elíptica por el acortamiento de las estrías. Estrías radiadas hacia el centro y radiadas convergentes hacia los ápices. Terminaciones proximales del rafe curvadas hacia el mismo lado y terminaciones distales en forma de hoz.

*Pinnularia subgibba* var. *undulata* Krammer

Taxonomia do gênero *Pinnularia* Ehrenberg (Bacillariophyceae) no Lago Jurucuí, Belterra, Amazônia, Brasil. (Sousa et al., 2021). Pp. 47. Fig. 44.

**Plancha 10. Figura 5.** Largo: 64.89  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.06  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9.

Valvas lineares-lanceoladas, levemente triondulada. Área axial estrecha. Área central romboidal alcanzando los márgenes valvares. Ápices redondeados-capitados. Fisuras proximales del rafe curvas hacia el mismo lado. Estrías radiadas en el centro y convergentes hacia las terminaciones valvares. Largo: 61.4-83.1  $\mu\text{m}$ ; ancho: 7.6-8.6  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 9-10.

*Pinnularia spp. 1* Ehrenberg

**Plancha 10. Figura 6.** Largo: 31.43  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.5  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 15.

Valvas lineares a lineares-lanceoladas. Con ápices redondeados. Márgenes valvares rectas. Área axial linear y expandida en la zona central de la valva formando una fascia transversal. Fascia asimétrica. Rafe casi recto y filiforme, levemente curvado hacia el mismo lado en sus terminaciones proximales. Estrías paralelas a poco radiadas.

*Pinnularia spp. 2* Ehrenberg

**Plancha 10. Figura 7.** Largo: 100.3  $\mu\text{m}$  - Ancho: 14.53  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 8.

Valvas linear-lanceoladas. Márgenes relativamente rectas. Ápices redondeados. Área axial amplia linear-lanceolada. Área central poco distinguible del área axial. Estrías radiadas en el centro de la valva y convergentes hacia los ápices. Terminaciones proximales del rafe levemente curvadas hacia el mismo lado.

*Pinnularia spp. 3* Ehrenberg

**Plancha 10. Figura 8.** Largo: 32.87  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.22  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas lanceoladas con ápices rostrados. Área axial lanceolada ensanchándose en un área central amplia que alcanza los márgenes valvares. Rafe casi recto con terminaciones proximales curvadas hacia el mismo lado y las terminaciones distales en forma de gancho. Estrías poco radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices.

*Pinnularia spp. 4* Ehrenberg

**Plancha 10. Figura 9.** Largo: 26.48  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.53  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 13.

Valvas lanceoladas con ápices rostrados a subcapitados. Área axial lanceolada ensanchándose en un área central amplia que alcanza los márgenes valvares. Estrías poco radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices.

*Pinnularia spp. 5 Ehrenberg*

**Plancha 10. Figura 10.** Largo: 44.21  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.78  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 11.

Valvas lineares con márgenes convexas y ápices capitados. Área axial lanceolada ensanchándose en un área central amplia que alcanza los márgenes valvares. Rafe recto con terminaciones proximales curvadas hacia el mismo lado.

*Pinnularia spp. 6 Ehrenberg*

**Plancha 10. Figura 11.** Largo: 34.17  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.5  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas lineares. Extremidades adelgazadas redondeadas. Área axial lanceolada. Ensanchándose en un área central transversalmente expandida que alcanza las márgenes valvares. Terminaciones proximales del rafe curvadas hacia el mismo lado.

*Pinnularia spp. 7 Ehrenberg*

**Plancha 11. Figura 2.** Largo: 20.12  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.21  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 16.

Valvas lineares a lineares-lanceoladas. Con ápices redondeados. Márgenes valvares poco convexas. Área axial linear lanceolada y expandida en la zona central de la valva formando una fascia transversal. Rafe casi recto y filiforme, levemente curvado hacia el mismo lado en sus terminaciones proximales. Estrías paralelas en el centro y convergentes hacia los ápices.

*Pinnularia spp. 8 Ehrenberg*

**Plancha 11. Figura 1.** Largo: 100.3  $\mu\text{m}$  - Ancho: 14.53  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 7.

Valvas lineares. Márgenes rectas y ápices redondeados. Área axial lanceolada amplia. Área central poco pronunciada generada por el acortamiento de las estrías centrales de la valva. Estrías suavemente radiadas hacia el centro y convergentes hacia los ápices. Rafe levemente lateral con las terminaciones proximales curvadas hacia el mismo lado.

*Pinnularia spp. 9* Ehrenberg

**Plancha 11. Figura 3.** Largo: 38.2  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.94  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.5.

Valvas lineares-lanceoladas con márgenes paralelas rectas. Ápices rostrados y redondeados, un poco más estrechos que las valvas. Área axial lanceolada ensanchándose en una fascia central expandida de forma transversal que alcanza los márgenes valvares. Estrías poco radiadas en el centro. Terminaciones proximales del rafe curvadas hacia al mismo lado.

*Pinnularia spp. 10* Ehrenberg

**Plancha 11. Figura 4.** Largo: 42.98  $\mu\text{m}$  - Ancho: 10.56  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10.

Valvas elipsoides lineares. Márgenes rectas hacia el centro de la valva. Ápices redondeados. Estrías rectas paralelas. Rafe recto poco lateral con terminaciones proximales poco flectadas hacia el mismo lado y terminaciones distales en forma de hoz. Área axial lanceolada ensanchándose para formar un área axial romboidal que se extiende hacia las márgenes por medio de una fascia estrecha. Presenta lo que parecen ser canales ondulados a lo largo del eje apical de la valva.

*Pinnularia spp. 11* Ehrenberg

**Plancha 11. Figura 5.** Largo: 35.1  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.5  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas lineares-lanceoladas con márgenes poco convexas. Ápices rostrados y redondeados un poco más estrechos que las valvas. Área axial linear ensanchándose en una fascia central expandida de forma transversal que alcanza los márgenes valvares. Estrías poco radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices. Terminaciones proximales del rafe curvadas hacia al mismo lado y terminaciones distales en forma de hoz.

*Placoneis clementis* (Grunow) E. J. Cox

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 60.

**Placa 3. Figura 13.** Largo: 24.8  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.74  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14.

Valvas elípticas con ápices prolongados rostrados. Área central pequeña rodeada por estrías largas y pequeñas intercaladas. Rafe recto. Estrías radiadas y curvadas en el centro de la valva volviéndose rectas, paralelas y finalmente más densas hacia los ápices. Largo: 15-50; ancho: 7-18  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 8-15.

*Placoneis spp. 1* Mereschkowsky

**Plancha 3. Figura 14.** Largo: 20.68  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.7  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14.

Valvas elípticas con ápices prolongados rostrados redondeados. Área axial linear y estrecha. Área central discernible por el acortamiento de las estrías centrales. Rafe recto y algo lateral. Terminaciones proximales del rafe algo ensanchadas. Estrías radiadas, curvas y menos densas en el centro de la valva y más rectas y densas hacia los ápices.

*Placoneis spp. 2* Mereschkowsky

**Plancha 3. Figura 15.** Largo: 33.4  $\mu\text{m}$  - Ancho: 10.77  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 14.

Valvas linear lanceoladas con ápices prolongados rostrados redondeados. Área axial linear y estrecha. Área central en forma de corbatín. Rafe recto y algo lateral. Terminaciones proximales del rafe algo ensanchadas. Estrías radiadas, curvas y menos densas en el centro de la valva y más rectas y densas hacia los ápices.

*Planothidium? spp. 1*

**Plancha 3. Figura 3.** Largo: 14  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.37  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas elipsoides. Ápices redondeados. Estrías marginales cortas.

*Pseudostaurosira* spp. 1 D. M. Williams & Round

**Plancha 2. Figura 3.** Largo: 23.52  $\mu\text{m}$  - Ancho: 3.57  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lineares lanceoladas. Ápices redondeados. Área axial lanceolada. Estrías cortas.

*Sellaphora americana* (Ehrenberg) D. G. Mann

Diatomeas (Bacillariophyta) perifíticas del complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. I. (Montoya et al., 2012). Pp. 469. Fig. 5a.

**Plancha 4. Figura 12.** Largo: 35.64  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.67  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 20.

Valvas lineares y ápices redondeados. Rafe recto con terminaciones proximales rectas y terminaciones distales del rafe curvadas. Área axial linear. Área central pequeña y rectangular. Estrías radiadas y suavemente curvadas. Estrías cortas y menos densas en el área central y más densas hacia los ápices. Largo: 27.5-44.8; ancho: 7.3-12.6 $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 18-22.

*Sellaphora laevissima* (Kützing) D. G. Mann

Diatomeas (Bacillariophyta) perifíticas del complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. I. (Montoya et al., 2012). Pp. 469. Fig. 5b.

**Plancha 4. Figura 13.** Largo: 28.04  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.19  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 20.

Valvas lineares con área central en forma de corbatín a rectangular. El área central está bordeada por 3 o 4 estrías cortas. Ápices altamente redondeados. Área central elíptica. Rafe recto. Largo: 27.3-37.1; ancho: 7.6-10.1  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 17-22.

*Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkovsky

Diatomeas (Bacillariophyta) perifíticas del complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. I. (Montoya et al., 2012). Pp. 469. Fig. 5 c-e.

**Plancha 4. Figura 14.** Largo: 20.16  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.7  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas elípticas lanceoladas con ápices prolongados rostrados. Terminaciones valvares redondeadas. Área axial linear y estrecha. Rafe filiforme y recto. Terminaciones proximales del rafe engrosadas. Área central en forma de corbatín bordeado por estrías cortas. Estrías radiadas en el centro y convergentes hacia los ápices. Largo: 18.9-28.8; ancho: 6.4-7.4 $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 22-24.

*Simonsenia spp.* I Lange-Bertalot

**Plancha 12. Figura 8.** Largo: 27.63  $\mu\text{m}$  - Ancho: 4.09  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 17.

Valvas lanceoladas a linear-lanceoladas. Ápices redondeados. Presenta estrías interrumpidas intercaladas que llegan a uno de los bordes valvares y al otro no, al igual que estrías centrales en el eje transapical que no llegan a ninguna de las márgenes.

*Stauroneis cf. ancepsfallax* L. L. Bahls

Diatoms of North America, categoría: simétricas birrafídeas (Spaulding et al. 2021)

**Plancha 4. Figura 16.** Largo: 58.14  $\mu\text{m}$  - Ancho: 12.59  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lanceoladas con ápices capitados. Área axial estrecha y linear ampliándose un poco cerca al estauro. Estauro central asimétrico ubicado en el eje transapical. Largo: 52-70; ancho: 11.4-14.2  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 17-23.

*Stauroneis cf. kriegeri* Patrick

An illustrated guide to some common diatom species from South África. (Tylor et al., 2007). Pl. 39.

**Plancha 4. Figura 17.** Largo: 32  $\mu\text{m}$  - Ancho: 6.74  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lineares poco convexas con ápices rostrados prolongados. Área axial linear estrecha. Presenta estauro central rectangular que se extiende hasta las márgenes valvares. Rafe recto. Largo: 17.24; ancho: 4-6  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 26-30.

*Stauroneis spp. 1* Ehrenberg

**Plancha 4. Figura 18.** Largo: 38.67  $\mu\text{m}$  - Ancho: 8.68  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas linear lanceoladas con ápices rostrados prolongados. Levemente más ancha en el centro. Área axial estrecha. Estauro central rectangular cubre la totalidad de la valva en el eje transapical. Rafe recto.

*Stauroneis spp. 2* Ehrenberg

**Plancha 4. Figura 19.** Largo: 39.34  $\mu\text{m}$  - Ancho: 7.83  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas linear lanceoladas con ápices subcapitados prolongados. Levemente más ancha en el centro. Área axial estrecha. Estauro central rectangular cubre la totalidad de la valva en el eje transapical. Rafe recto.

*Surirella cf. splendoides* Hustedt

Iconographia Diatomológica. Vol. 5. (Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998). Pp. 652. Pl. 209: Fig. 1-2

**Plancha 12. Figura 9.** Largo: 84.44  $\mu\text{m}$  - Ancho: 30.13  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 25.

Valva ovoide heteropolar con una cabeza polar redondeada y un pie polar cuneado. Área axial estrecha lanceolada en el eje apical de la valva. Presenta depresiones transapicales intercalados con las porcas a lo largo del eje apical. Porcas radiadas hacia los ápices. Rafe situado en un canal elevado en el eje apical.

*Synedra goulardii* Brébisson ex Cleve & Grunow

Valve morphology of *Synedra goulardii* (Bacillariophyceae). (Schwarzwalder & Postek, 2008). Pp. 413. Fig. 1-7.

**Plancha 2. Figura 1.** Largo: 75.66  $\mu\text{m}$  - Ancho: 9.81  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

**Plancha 2. Figura 2.** Largo: 68.47  $\mu\text{m}$  - Ancho: 11.65  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12.

Valvas lineares lanceoladas con polos suavemente capitados y área axial estrecha. Estrías espaciadas uniformemente dispuestas de forma paralela y opuestas sobre toda la superficie valvar excepto por el área central donde están ausentes. El área central da la apariencia de tener estrías fantasmas. Largo: 52.9-124.1; ancho: 7.9-11.5  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 10-13.

*Tabularia fasciculata* (C. Agardh) D. M. Williams & Round

Diatoms of North America, categoría: arrafídeas (Spaulding et al. 2021)

**Plancha 1. Figura. 9.** Largo: 40  $\mu\text{m}$  - Ancho: 5.8  $\mu\text{m}$  - Estrías en 10  $\mu\text{m}$ : ---.

Valvas lineares-lanceoladas. Ápices redondeados. Área axial muy ancha. No se evidencia área central. Largo: 34-100; ancho: 4-6  $\mu\text{m}$ ; estrías en 10  $\mu\text{m}$ : 12-15.

**12.1 Plancha 1**

Figura 1. *Aulacoseira* spp. 1

Figura 2. *Aulacoseira* spp. 2

Figura 3. *Aulacoseira* spp. 3

Figura 4. *Aulacoseira* spp. 4

Figura 5. *Aulacoseira* spp. 5

Figura 6. *Aulacoseira* spp. 6

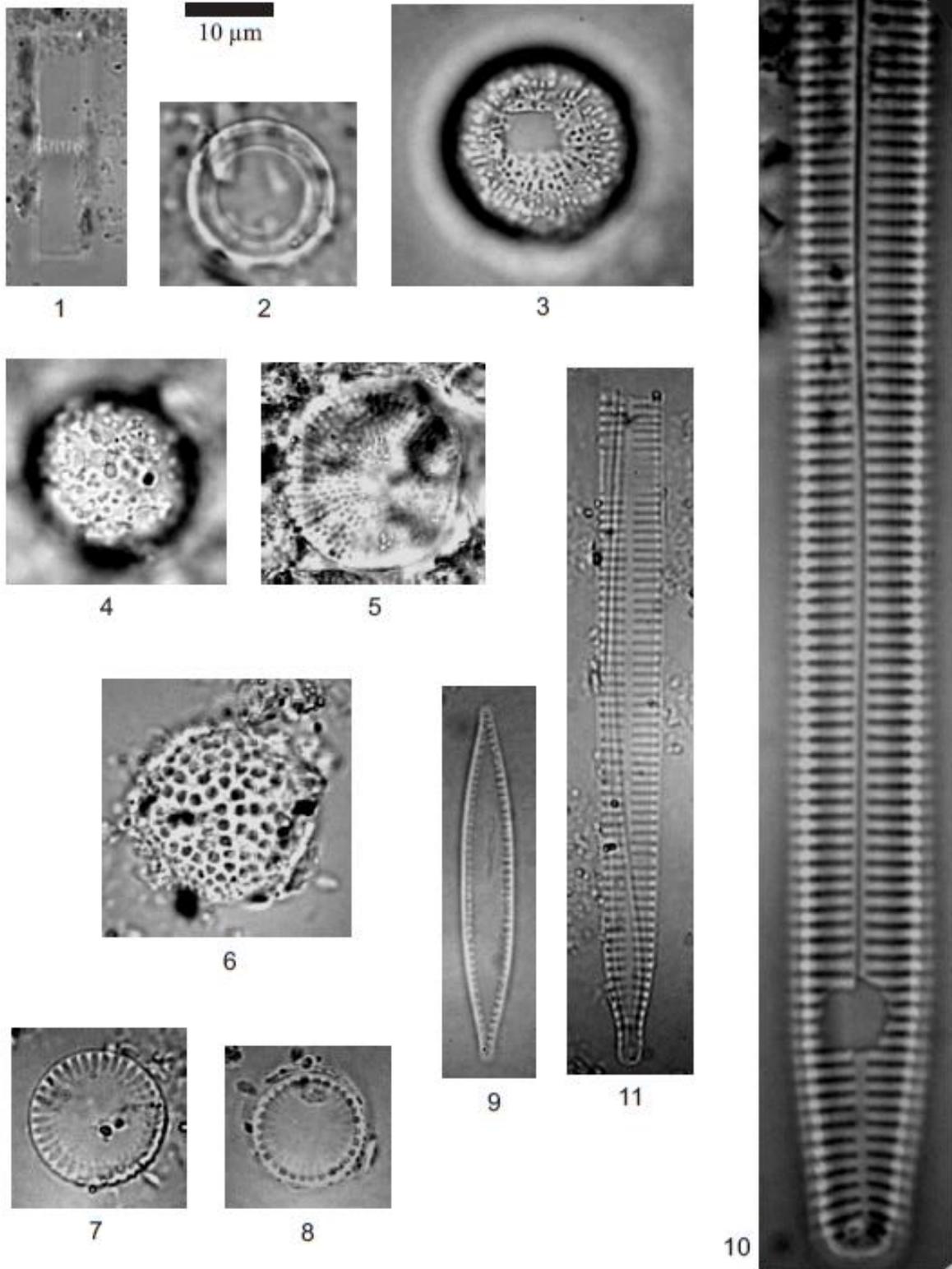
Figuras 7-8. *Cyclotella* cf. *meneghiniana*

Figura 9. *Tabularia fasciculata*

Figura 10. *Fragilaria* aff. *Biceps*

Figura 11. *Fragilaria ulna*

Plancha 1



*Nota.* Elaboración propia.

## 12.2 Plancha 2

Figura 1-2 *Synedra goulardii*

Figura 3. *Pseudostaurosira* spp. 1

Figura 4. *Actinella* spp. 1

Figura 5. *Eunotia* cf. *bidens*

Figura 6. *Eunotia* cf. *incisa*

Figura 7. *Eunotia* cf. *incisatula*

Figura 8. *Eunotia* cf. *monodon*

Figura 9. *Eunotia* cf. *paludosa*

Figura 10. *Eunotia* cf. *rabenhorstii* var. *Triodon*

Figura 11. *Eunotia* cf. *veneris*

Figura 12. *Eunotia flexuosa*

Figura 13. *Eunotia incisa*

Figura 14. *Eunotia* cf. *intricans*

Figura 15. *Eunotia juettnerae*

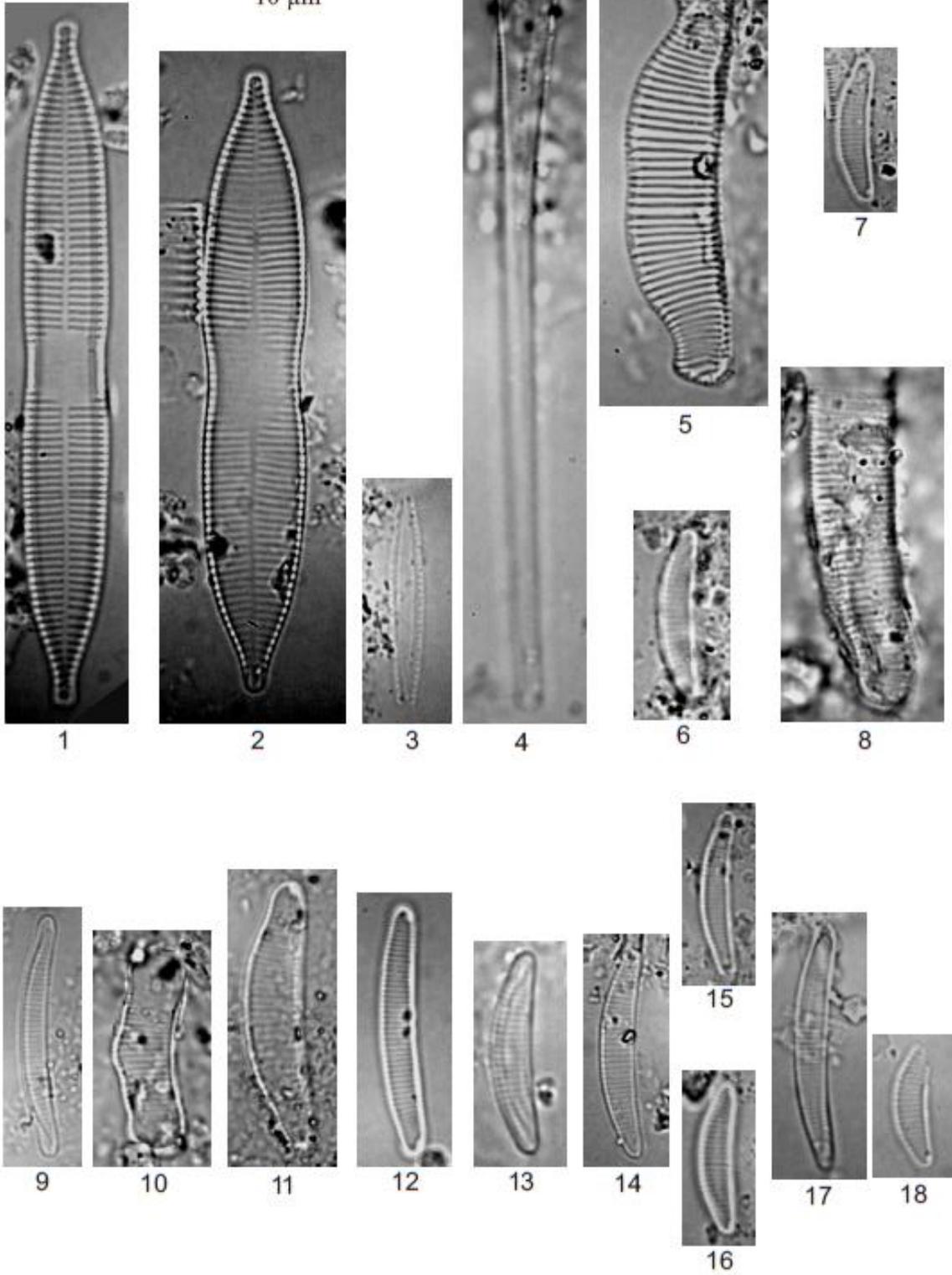
Figura 16. *Eunotia subarcuatoides*

Figura 17. *Eunotia* spp. 1

Figura 18. *Eunotia* spp. 2

Plancha 2

10  $\mu$ m



*Nota.* Elaboración propia.

### 12.3 Plancha 3

Figura 1. *Eucoconeis* spp. 1

Figura 2. *Achnanthes* spp. 1

Figura 3. *Planothidium?* spp. 1

Figura 4. *Cocconeis lineata*

Figura 5. *Cocconeis* cf. *placentula* var. *Lineata*

Figura 6. *Navicula* cf. *antonii*

Figura 7. *Navicula* cf. *symmetrica*

Figura 8. *Navicula* cf. *viridula* var. *Germanii*

Figura 9. *Navicula rostellata*

Figura 10. *Navicula veneta*

Figura 11. *Navicula* spp. 1

Figura 12. *Navicula* spp. 2

Figura 13. *Placoneis clementis*

Figura 14. *Placoneis* spp. 1

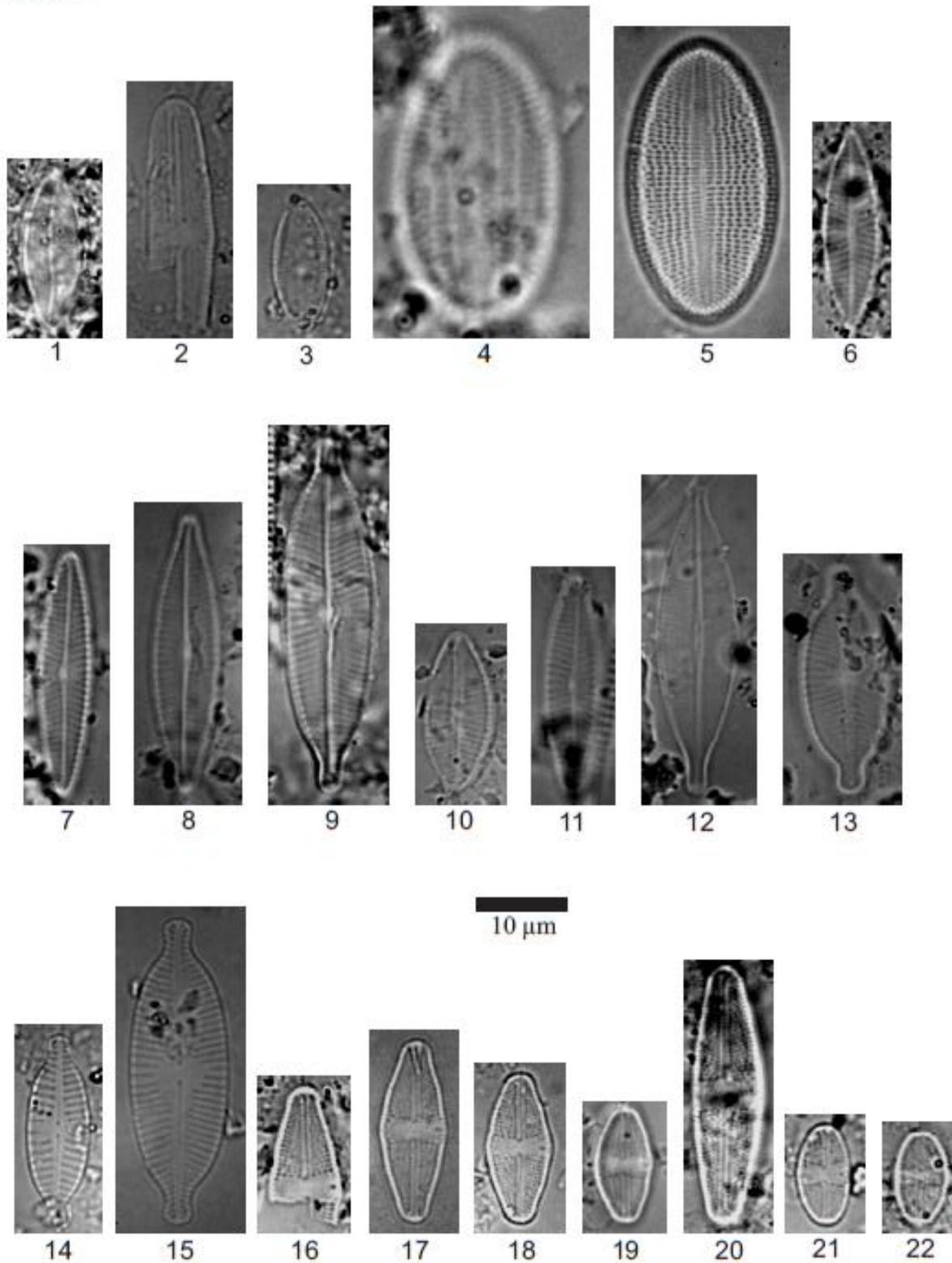
Figura 15. *Placoneis* spp. 2

Figuras 16-19. *Luticola acidoclinata*

Figura 20. *Luticola* aff. *goeppertiana*

Figura 21-22. *Luticola* cf. *cohnii*

## Plancha 3



*Nota.* Elaboración propia.

**12.4 Plancha 4**

Figura 1. *Luticola incana*

Figura 2. *Luticola cf. lancettula*

Figuras 3-4. *Luticola moaiorum*

Figuras 5-6. *Luticola muticoides*

Figura 7. *Luticola spp. 1*

Figura 8. *Luticola spp. 2*

Figura 9. *Luticola spp. 3*

Figura 10. *Luticola spp. 4*

Figura 11. *Geissleria spp. 1*

Figura 12. *Sellaphora americana*

Figura 13. *Sellaphora laevisissima*

Figura 14. *Sellaphora pupula*

Figura 15. *Diadesmis confervacea*

Figura 16. *Stauroneis cf. ancepsfallax*

Figura 17. *Stauroneis cf. kriegerii*

Figura 18. *Stauroneis spp. 1*

Figura 19. *Stauroneis spp. 2*

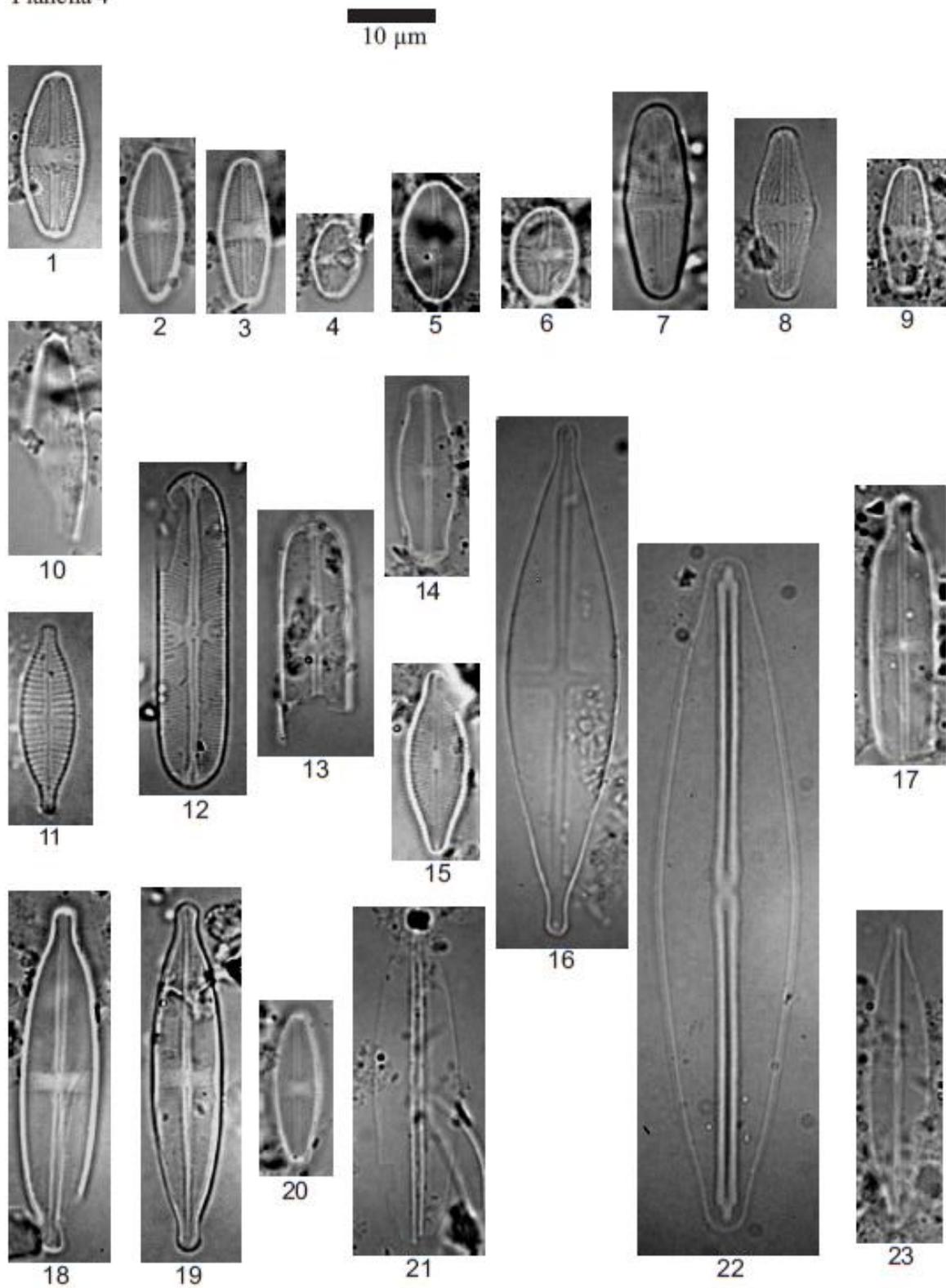
Figura 20. *Brachysira spp. 1*

Figura 21. *Frustulia crassinervia*

Figura 22. *Frustulia cf. krammeri*

Figura 23. *Frustulia rostrata*

## Plancha 4



*Nota.* Elaboración propia.

## 12.5 Plancha 5

Figura 1. *Frustulia* spp. 1

Figura 2. *Frustulia* spp. 2

Figura 3-4 *Gyrosigma* cf. *scalproides* (la figura 3 tiene su propia escala de 10  $\mu$ m al interior de la foto, ya que fue fotografiada en 40X de aumento debido a su tamaño)

Figura 5. *Gyrosigma* spp. 1 (tiene su propia escala de 10  $\mu$ m al interior de la foto, ya que fue fotografiada en 40X de aumento debido a su tamaño)

Figura 6. *Encyonema* cf. *jemtlandicum*

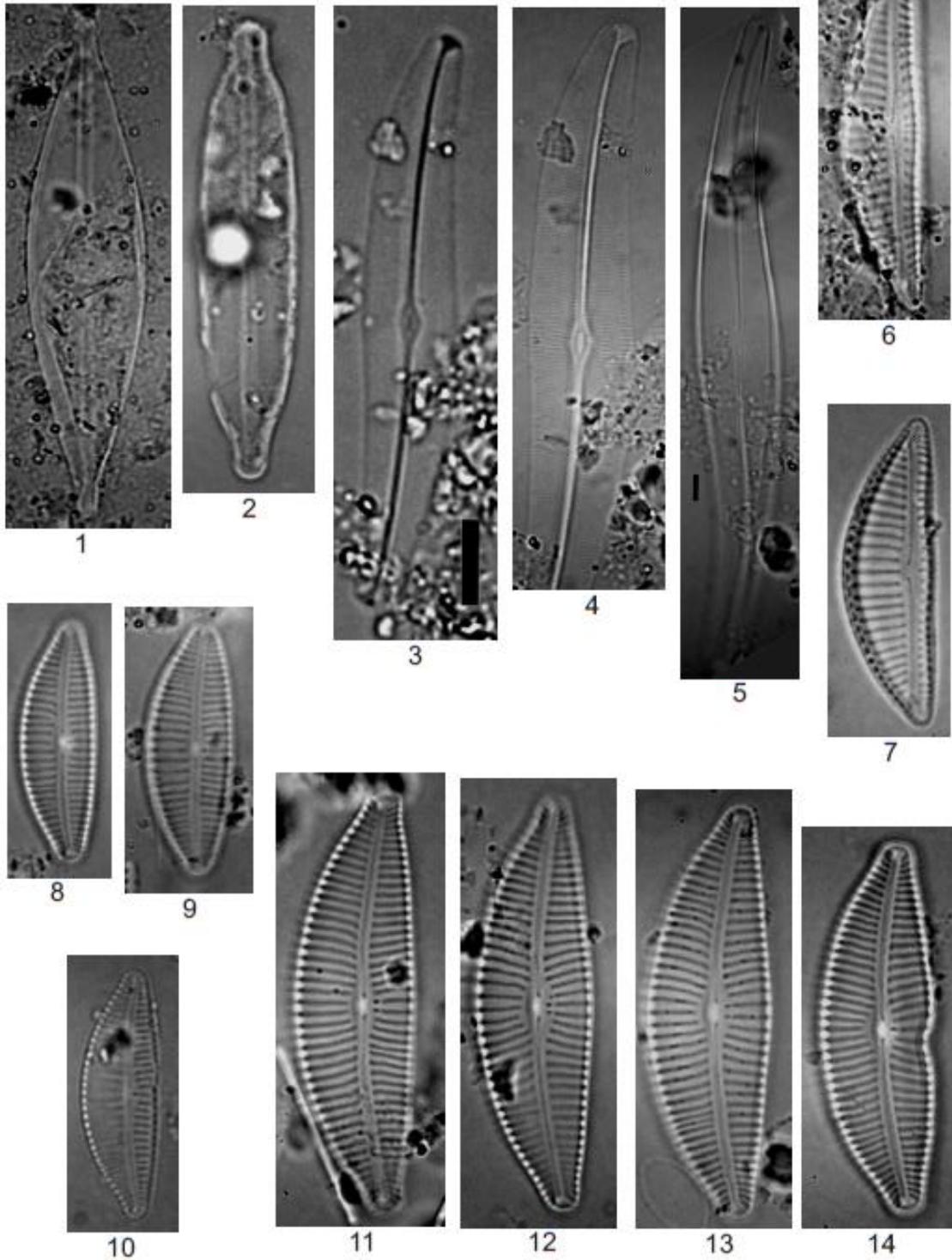
Figura 7. *Encyonema* *vulgare*

Figura 8-10. *Cymbella* cf. *kolbei*

Figura 11-13. *Cymbella* cf. *turgidula*

Figura 14. *Cymbella* *excisa*

## Plancha 5

10  $\mu\text{m}$ 

*Nota.* Elaboración propia.

**12.6 Plancha 6**

Figura 1. *Cymbella scutariana*

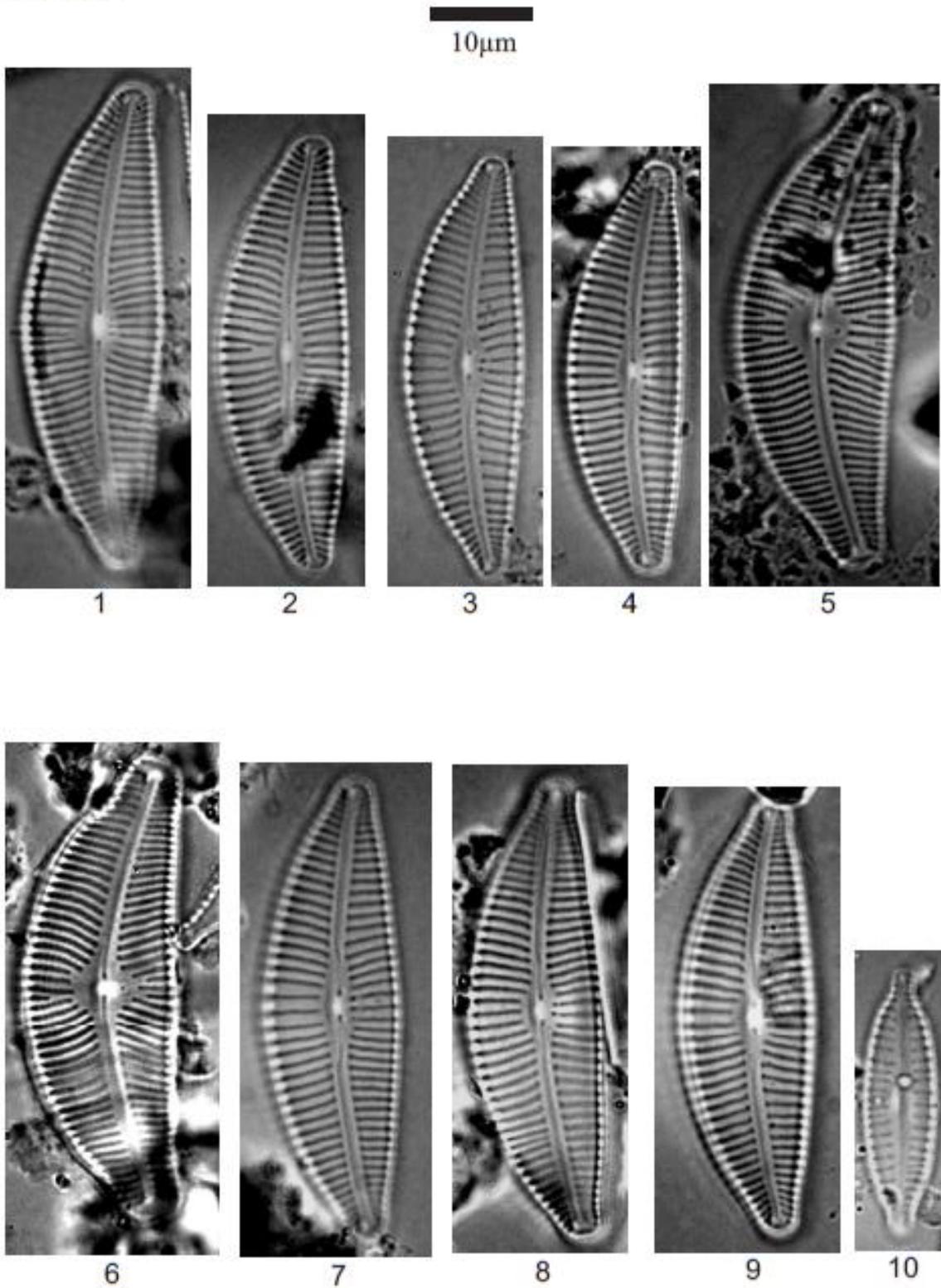
Figura 2-4. *Cymbella tropica*

Figura 5-6. *Cymbella tumida*

Figuras 7-9. *Cymbella turgidula*

Figura 10. *Encyonopsis spp.1*

## Plancha 6



*Nota.* Elaboración propia.

**12.7 Plancha 7**

Figura 1. *Encyonopsis* spp. 2

Figura 2. *Encyonopsis* spp. 3

Figura 3. *Encyonopsis* spp. 4

Figura 4. *Encyonopsis* spp. 5

Figura 5. *Encyonopsis* spp. 6

Figura 6. *Encyonopsis* spp. 7

Figura 7. *Gomphonema* aff. *graciloides*

Figura 8. *Gomphonema* cf. *affine*

Figura 9. *Gomphonema angustatum*

Figura 10. *Gomphonema augur* var. *sphaerophorum*

Figura 11. *Gomphonema* cf. *gracile*

Figura 12. *Gomphonema* cf. *parvulum*

Figura 13. *Gomphonema* cf. *pseudoaugur*

Figura 14. *Gomphonema* spp. 1

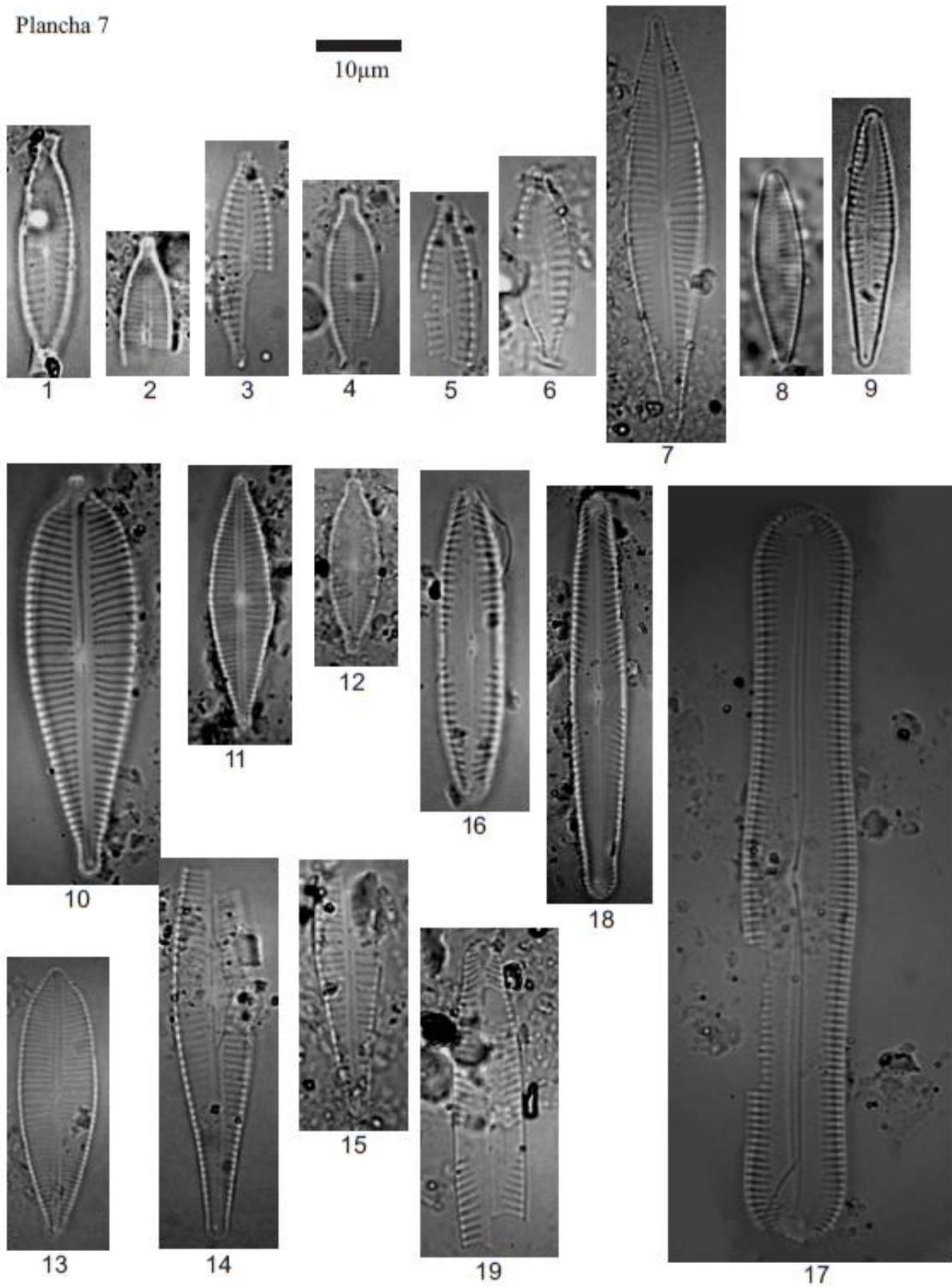
Figura 15. *Gomphonema* spp. 2

Figura 16. *Pinnularia* cf. *acoricola*

Figura 17. *Pinnularia acrosphaeria*

Figura 18-19. *Pinnularia* aff. *gibba*

Plancha 7



*Nota.* Elaboración propia.

## 12.8 Plancha 8

Figura 1-2. *Pinnularia borealis*

Figura 3. *Pinnularia brauniana* var. *sanctipaulensis*

Figura 4. *Pinnularia braunii*

Figura 5. *Pinnularia* cf. *certa*

Figura 6-8. *Pinnularia divergens*

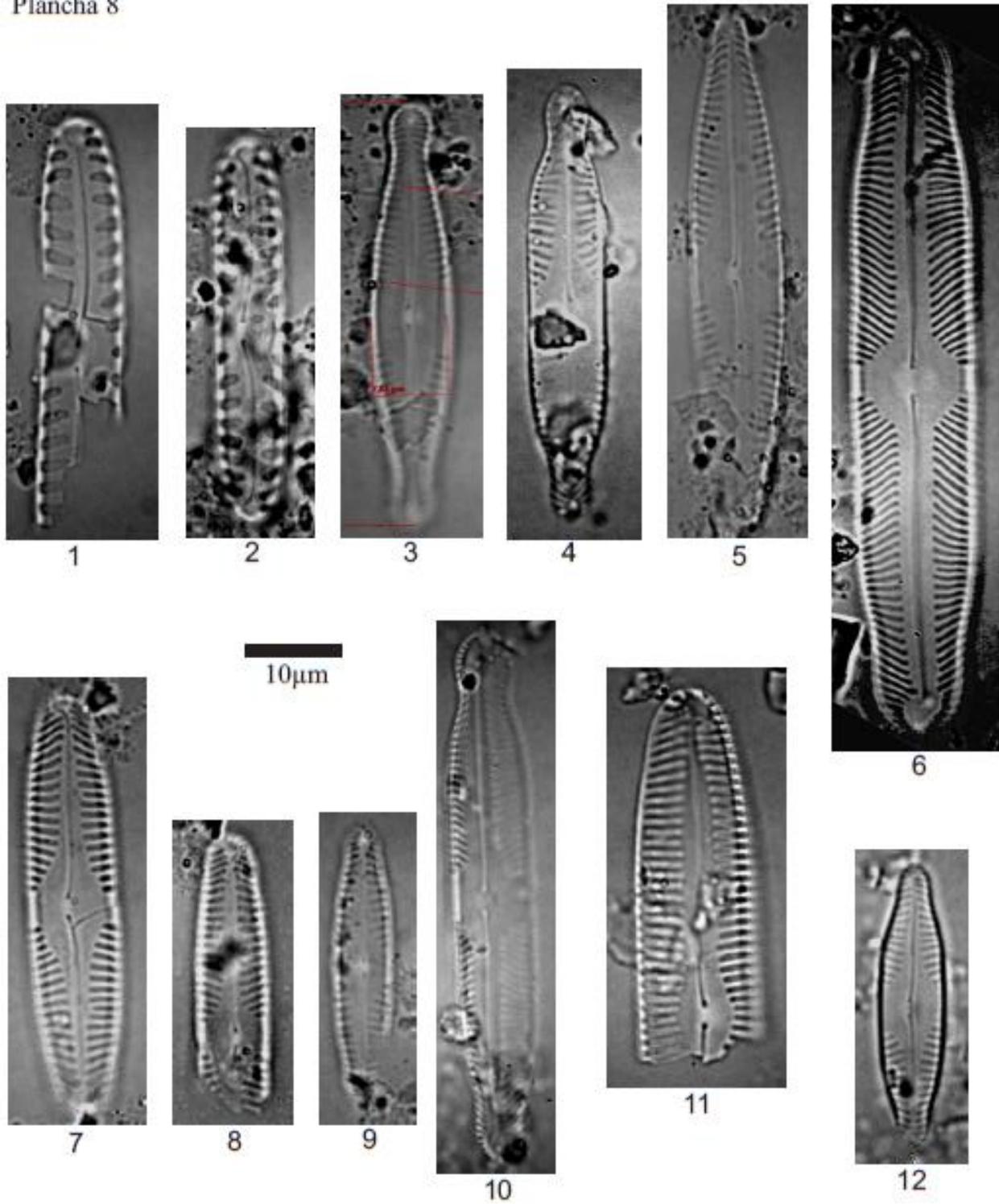
Figura 9. *Pinnularia* cf. *microstauron*

Figura 10. *Pinnularia* cf. *saprophila*

Figura 11. *Pinnularia* cf. *viridiformis*

Figura 12. *Pinnularia* cf. *microstauron* var. *nonfasciata*

## Plancha 8



*Nota.* Elaboración propia.

## 12.9 Plancha 9

Figura 1-2. *Pinnularia aff. latevittata* (las figuras 1-2 tienen su propia escala de 10  $\mu\text{m}$  al interior de la foto, ya que fueron fotografiadas en 40X de aumento debido a su tamaño)

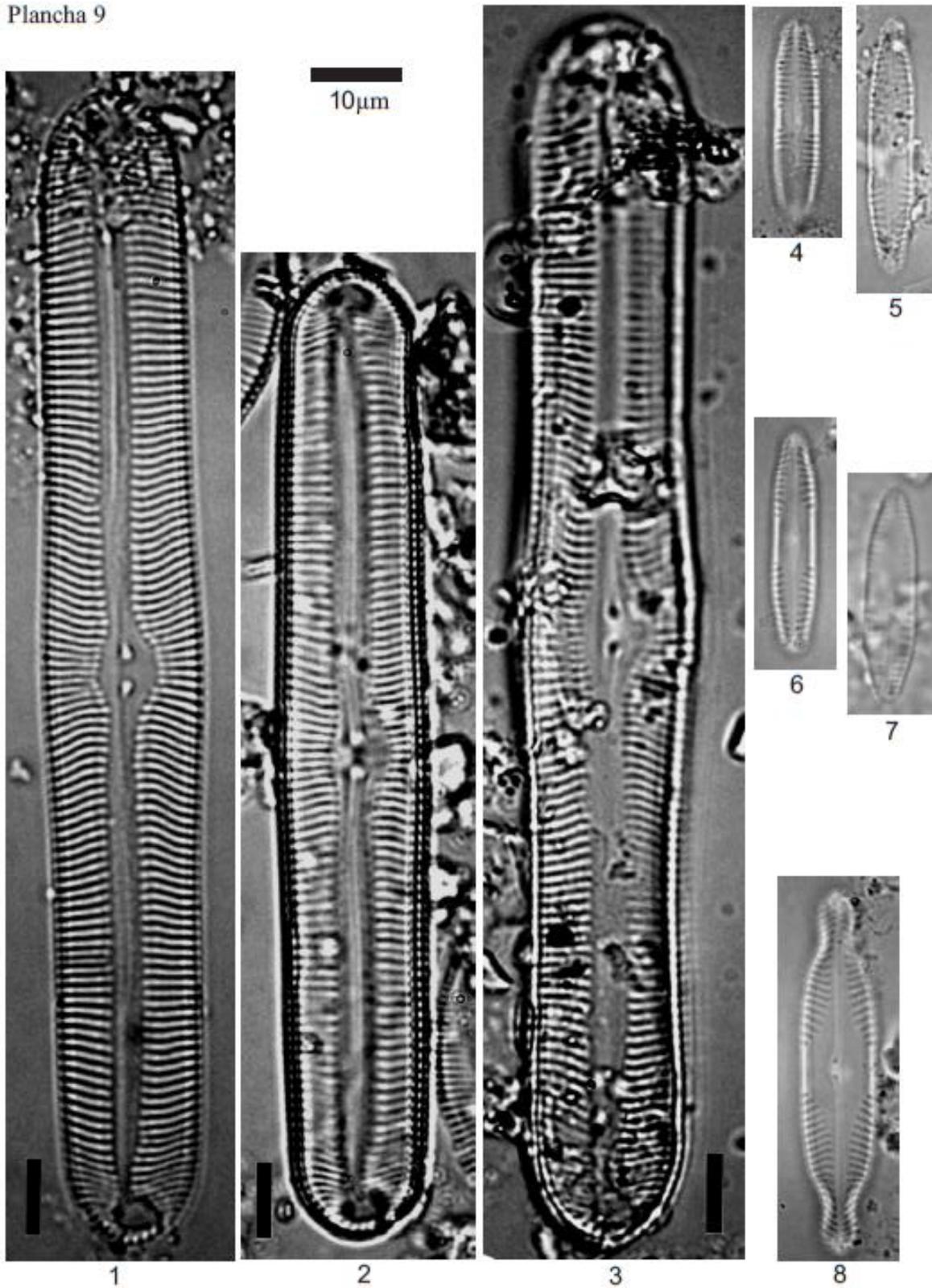
Figura 3. *Pinnularia nobilis* (la figura 3 tiene su propia escala de 10  $\mu\text{m}$  al interior de la foto, ya que fue fotografiada en 40X de aumento debido a su tamaño)

Figura 4. *Pinnularia obscura*

Figura 5-7. *Pinnularia oominensis*

Figura 8. *Pinnularia rumrichiae*

## Plancha 9



*Nota.* Elaboración propia.

**12.10 Plancha 10**

Figura 1. *Pinnularia parvulissima*

Figura 2. *Pinnularia subcapitata*

Figura 3. *Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata*

Figura 4. *Pinnularia subgibba*

Figura 5. *Pinnularia subgibba* var. *undulata*

Figura 6. *Pinnularia* spp. 1

Figura 7. *Pinnularia* spp. 2

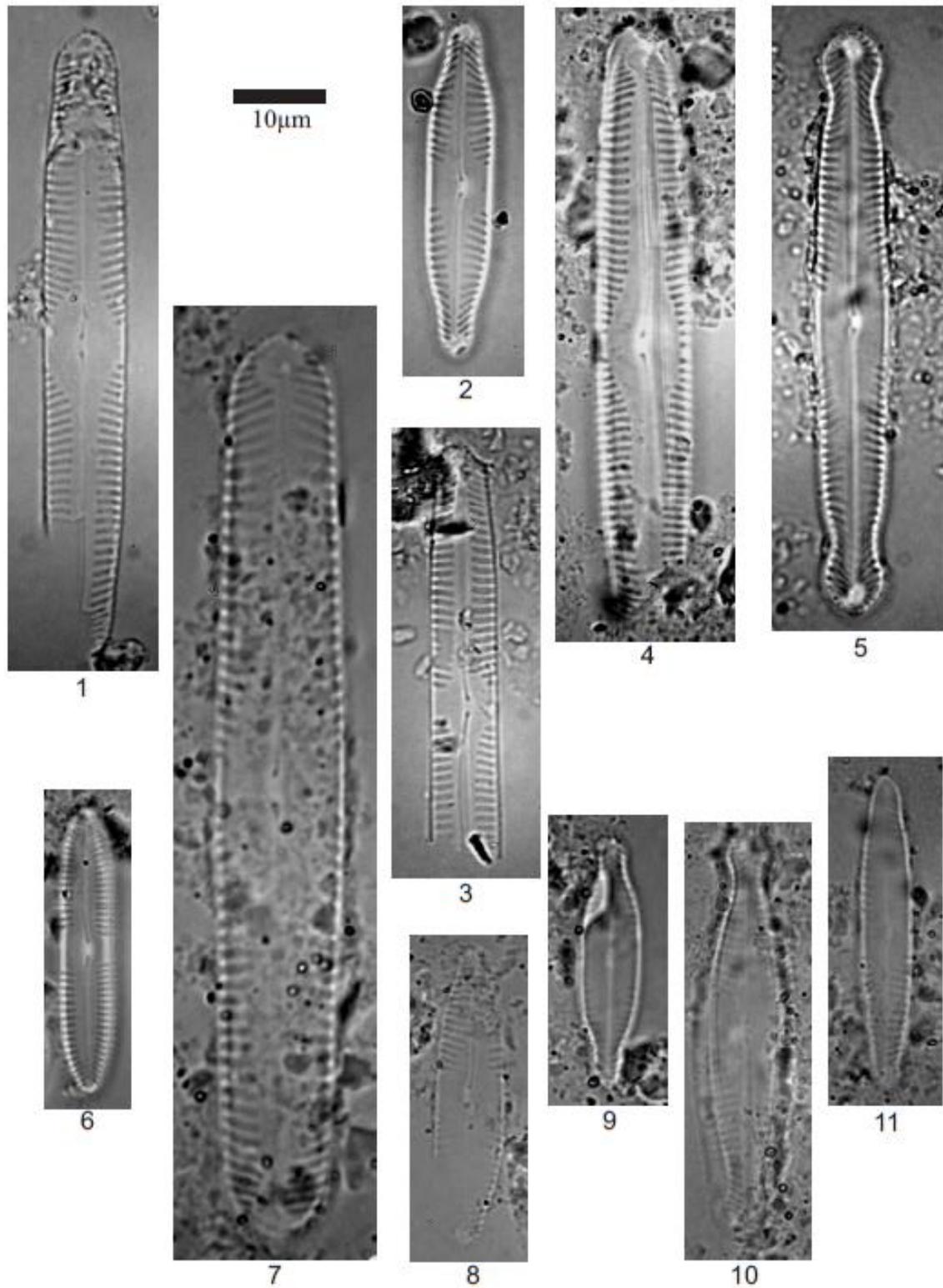
Figura 8. *Pinnularia* spp. 3

Figura 9. *Pinnularia* spp. 4

Figura 10. *Pinnularia* spp. 5

Figura 11. *Pinnularia* spp. 6

## Plancha 10



*Nota.* Elaboración propia.

**12.11 Plancha 11**

Figura 1. *Pinnularia* spp. 8

Figura 2. *Pinnularia* spp. 7

Figura 3. *Pinnularia* spp. 9

Figura 4. *Pinnularia* spp. 10

Figura 5. *Pinnularia* spp. 11

Figura 6. *Nitzschia terrestris*

Figura 7. *Nitzschia* cf. *capitellata*

Figura 8. *Nitzschia* cf. *goetzeana*

Figura 9. *Nitzschia* cf. *palea*

Figura 10. *Nitzschia* cf. *sigma*

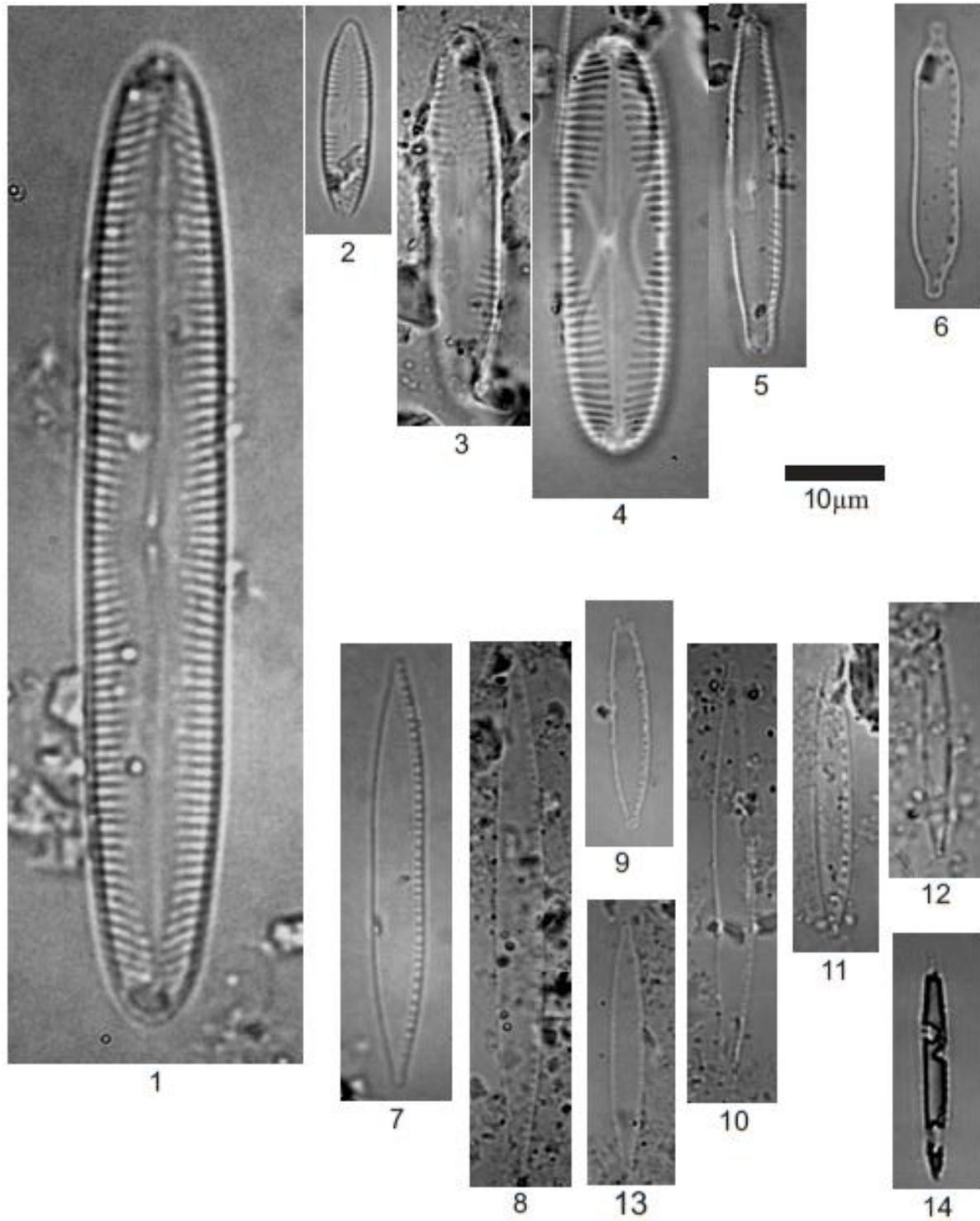
Figura 11. *Nitzschia* spp. 1

Figura 12. *Nitzschia* spp. 2

Figura 13. *Nitzschia* spp. 4

Figura 14 *Nitzschia* spp. 5

Plancha 11



*Nota.* Elaboración propia.

**12.12 Plancha 12**

Figura 1. *Nitzschia spp.* 3 (la figura 1 tiene su propia escala de 10  $\mu\text{m}$  al interior de la foto, ya que fue fotografiada en 40X de aumento debido a su tamaño)

Figura 2. *Nitzschia spp.* 7 (la figura 2 tiene su propia escala de 10  $\mu\text{m}$  al interior de la foto, ya que fue fotografiada en 40X de aumento debido a su tamaño)

Figura 3. *Nitzschia spp.* 6

Figura 4-5. *Hantzschia amphioxys*

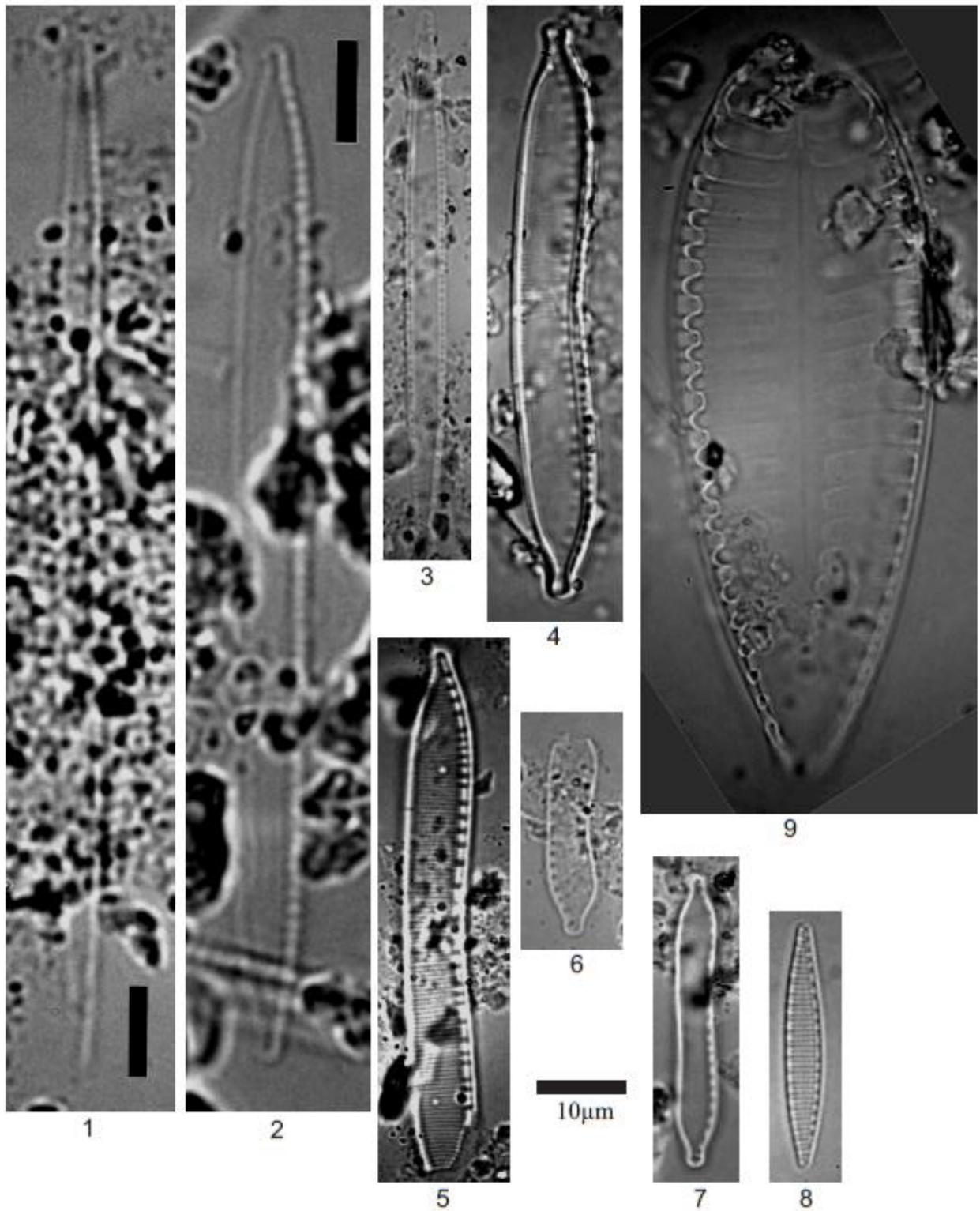
Figura 6. *Hantzschia spp.* 1

Figura 7. *Hantzschia spp.* 2

Figura 8. *Simonsenia spp.* 1

Figura 9. *Surirella cf. splendoides*

## Plancha 12



*Nota.* Elaboración propia.

---

## Referencias

- Aceituno, J., Piazzini, C. & Posada, W. (2021). Tabladito: evidencias de un asentamiento del Holoceno temprano en el noroccidente de Colombia. *Latin American Antiquity*, 33(2), 1-21. <https://doi.org/jjhs>
- Alzate, A. (2006). *Santa María de la Antigua del Darién. Cerámica española con texto y de contexto en el Darién colombiano*. Cargraphics S.A.
- Arcila, G. (1953). Arqueología de Mutatá. *Boletín del instituto de antropología*, 1(1), 7-69.
- Arcila, G. (1955). Anotaciones sobre la ubicación de Santa María de la Antigua del Darién. *Boletín de Antropología*, 1(3), 275-287.
- Arcila, G. (1956). Acerca de Santa María de la Antigua del Darién. *Boletín de Antropología*, 1(4), 375-388.
- Arvola, L., Eloranta, P., Järvinen, M., Keskitalo, J. & Halopainen, A. (1999). Phytoplankton. En J. Keskitalo & P. Eloranta, (Eds.), *Limnology of Humic Waters*, (pp. 137-171). Backhuys Publishers.
- Autoridad del Canal de Panamá & Universidad de Panamá. (2012). *Diatomeas del Canal de Panamá: bioindicadores y otros estudios pioneros*. <https://bit.ly/3Ubi5uF>
- Barker, P. (1992). Differential diatom dissolution in Late Quaternary sediments from Lake Manyara, Tanzania: an experimental approach. *Journal of Paleolimnology*, 7(3), 235-251. <https://doi.org/fdcssf>
- Battarbee, R. (1988). The use of diatom análisis in Archaeology: a review. *Journal of Archaeological Science*, 15, 621-644. <https://doi.org/bdnrm3>
- Bes, D., Ector, L., Torgan, L. & Lobo, E. (2012). Composition of the epilithic diatom flora from a subtropical river, Southern Brazil. *Iheringia Serie Botánica*, 67(1), 93-125.
- Betancur, T., García, D., Vélez, A., Gómez, A., Flórez, C., Patiño, J. & Ortiz, J. (2017). Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia. *Biota Colombiana*, 18(1), 1-28. <https://doi.org/jjh5>
- Bicudo, D., Tremarin, P., Almeida, P., Zorzal, S., Wengrat, S., Faustino, S., Costa, L., Bartozek, E., Rocha, A., Bicudo, C. & Morales, E. (2016) Ecology and distribution of Aulacoseira species (Bacillariophyta) in tropical reservoirs from Brazil. *Diatom Research*, 31(3), 199-215. <https://doi.org/jjht>

- Bonomo, M., Zucol, A., Gutiérrez, B., Coradeghini, A. & Vigna, M. (2009). Late Holocene paleoenvironments of the Nutria Mansa 1 archaeological site, Argentina. *Journal of Paleolimnology*, 41, 273-296. <https://doi.org/bxgz7q>
- Bustos, S., Morales, M. & Maidana, N. (2017). Diversidad del género *Luticola* (Bacillariophyceae) en sedimentos holocénicos de la Puna jujeña, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 52(1), 13-26. <https://doi.org/jjh6>
- Butzer, K. (1989). *Arqueología una ecología del hombre: método y teoría para un enfoque contextual*. Ediciones Bellaterra.
- Cabello, C. & Herbás, M. (2001). *Contaminación de las aguas por nitratos y efectos sobre la salud*. Egondi Artes Gráficas S.A.
- Cabrera, R. (1999). *Prácticas básicas en el uso y manejo del agua* [Monografía de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Digital Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Camargo, J. & Alonso, A. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environmental international*, 32, 831-849. <https://doi.org/bshf75>
- Camargo, J. & Alonso, A. (2007). Contaminación por N inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas*, 16(2), 1-13. <https://bit.ly/3felmdN>
- Cardale, M., Boreto, P., Groot, A., Betancourt, A., Berrío, J. & Duncan, N. (2017). Inundaciones y sequías: estrategias precolombinas para sobrevivir en el valle geográfico del río Cauca. *Boletín de Arqueología*, 26, 4-28.
- Cárdenas, G. & Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y salud*, 15(1), 72-88. <https://bit.ly/3TOcTNc>
- Castillo, N. (1988). Complejos arqueológicos y grupos étnicos del siglo XVI en el Occidente de Antioquia. *Boletín Museo del Oro*, 20, 16-34
- Colobig, M., Zucol, A., Mazzanti, D., Martínez, G. & Passeggi, E. (2016). Consideraciones paleoambientales de sitios arqueológicos de las Sierras de Tandilia Oriental (Pleistoceno Tardío-Holoceno Tradío) mediante el estudio de sus registros biosilíceos. *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 18(1), 39-52. <https://bit.ly/3Dhf84U>
- Córdoba, N. (2020). *Variabilidad espaciotemporal de las microalgas fitoplanctónicas con énfasis en las productoras de biotoxinas y su relación con las concentraciones de nutrientes en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano* [tesis de maestría, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá [CORPOURABA]. (2019). *Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río León SZH (1201) localizada en el departamento*

- de Antioquia en jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá (CORPOURABA)*. <https://bit.ly/3DguWEN>
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá [CORPOURABA]. (2020). *R-PG-03: Plan de acción institucional. Versión 05. (2020-2023)*. <https://bit.ly/3TME7UJ>
- Correal, G. (1983). Evidencia de cazadores especializados en el sitio de la Gloria, Golfo de Urabá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 15(58), 77-82.
- Cox, E. (2011). Morphology, cell wall, cytology, ultrastructure and morphogenetic studies. Overview and specific observations. En J. Seckbach & P. Kociolek (Eds.), *The diatom world: cellular origin, life in extreme habitats and astrobiology* (Vol. 19, pp. 21-46). Springer.
- Da Silva, A., Veiga, T., Tremarin, P. & Vercellino, I. (2010). Diatomáceas perifíticas em um sistema eutrófico brasileiro (Reservatório do Iraí, estado do Paraná). *Acta Botanica Brasilica*, 24(4), 997-1016. <https://doi.org/fh3k5b>
- Da Silva, W., Ruwer, D., Nogueira, I. & Dunck, B. (2016). The genus *Pinnularia* (Bacillariophyta, Pinnulariaceae) from Lago dos Tigres, Britânia, Goiás, Brazil. *Biota Neotropica*, 16(1). <https://doi.org/f8qkd6>
- Denevan, W. (1970). Aboriginal drained-field cultivation in the Americas. *American Association for the advancement of science*, 169(3946), 647-654. <https://doi.org/brkmgh>
- Díaz, C., Echazú, D. & Maidana, N. (2008). Diatomeas continentales como indicadores de cambios climáticos en Patagonia. En A. Vanina & L. Fernández (Eds.), *Efecto de los cambios globales sobre la biodiversidad* (pp. 233-246). <https://bit.ly/3fhcAvu>
- Díaz, R. (2018). Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud. *Región y Sociedad*, 73, 1-33. <https://doi.org/jjhx>
- Dincauze, D. (1987). Estategies for paleoenvironmental reconstruction in archaeology. En S. Michael (Ed.), *Advances in archaeological method and theory*. (Vol. 11, pp. 255-336). Springer.
- Dincauze, D. (2000) *Environmental Archaeology. Principles and practice*. Cambridge University Press.
- Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). *ID-TAX. Catálogo y claves de identificación de organismos fitobentónicos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. <https://bit.ly/2jYuMJU>
- Dubois, C. (2006). Dinámica fluvial, paleoambientes y ocupaciones humanas en la localidad arqueológica Paso Otero, río Quequen Grande, provincia de Buenos Aires. *Intersecciones en Antropología*, 7(7), 109-127. <https://bit.ly/3zmi7HN>

- Erickson, C. (1988). Raised Field agriculture in the lake Titicaca basin. *Expedition*, 30(1), 8-16.
- Escobar, W. (2016). *Programa de Arqueología preventiva para la construcción de la variante Mellitos. Municipio de Necoclí. Fase de Rescate y monitoreo arqueológico*. Informe de arqueología inédito.
- Espinoza I. & Nieto, L. (1998). Línea de interconexión a 230 km. Cerromatoso-Urabá. En ISA, *Arqueología en estudios de impacto ambiental*, vol. 2.
- Fernández, M. (2012). *Los paleoambientes de Patagonia meridional, Tierra del Fuego e Isla de los Estados en las primeras ocupaciones humanas. Estudio basado en el análisis de diatomeas* [tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de La Plata.
- Fewtrell, L. (2004). Drinking-Water Nitrate, Methemoglobinemia, and global burden of disease: a discusión. *Environmental health perspectives*, 112(14), 1371-1374. <https://doi.org/chcmsv>
- Flórez, S. (2018). *La fauna destinada a la alimentación humana. Análisis zooarqueológico de una muestra del sitio San Pedro de la Depresión Momposina (Sucre, Colombia)* [tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia.
- Flower, R. (1993). Diatom preservation: experiments and observations on dissolution and breakage in modern and fossil material. *Hydrobiologia*, 269-270(1), 473-484. <https://doi.org/b5cpkw>
- França, A., Dunck, B., Rodrigues, L., Medeiros, B. & Felisberto, S. (2017). Periphytic Diatoms (Bacillariophyta) in streams from three conservation units of central Brazil: *Pinnularia Ehrenberg*. *Hoehnea*, 44(4), 524-538. <https://doi.org/jjkc>
- Franco da Costa, L. (2015). *Taxonomia e ecología de Eunotia (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo* [Tesis de maestría, Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente]. Memórias do Instituto de Botânica.
- Freiberger, T. (2005). *Diatomáceas briofíticas em Sphagnum L. spp. E Rhacocarpus Inermis (C. Muell.) Lindb.* [Tesis de maestría, Universidade Federal do Paraná]. Acervo Digital da Universidade Federal do Paraná.
- Furey, P. (2008). *Wet wall algal community response to in-field nutrient manipulation of Nitrogen and Phosphorus, and the taxonomy, ecology, and distribution patterns of the acidophilic diatom genus Eunotia Ehrenberg (Bacillariophyta) of the Great Smoky Mountains National Park. U.S.A.* [Tesis doctoral, Bowling Green State University]. ScholarWorks@ Bowling Green State University.
- García, E. (1974). Situaciones climáticas durante el auge y la caída de la cultura teotihuacana. *Investigaciones geográficas*, (5), 35-69. <https://doi.org/jjh4>
- Grana, L., Tchilinguirian, P., Olivera, D., Laprida, C. & Maidana, N. (2016). Síntesis paleoambiental en Antofagasta de la Sierra: heterogeneidad ambiental y ocupaciones humanas en los últimos 7200 años cal. AP. *Intersecciones en Antropología*, 4, 19-32. <https://bit.ly/3Wha9tp>

- Grana, L. (2018). La arqueología desde el microscopio. Aportes interdisciplinarios de las diatomeas a las problemáticas arqueológicas. *Revista del Museo de Antropología*, 11(1), 35-48. <https://doi.org/gm96rj>
- Grupo de Investigación de Arqueología y Prehistoria [GIAP]. (1980). *Investigación arqueológica y prehistórica de un yacimiento conchal en la costa Atlántica colombiana. Turbo-Antioquia*. Universidad de Antioquia.
- Heinrich, C., Palacios M., Peña, E., Schuch, M. & Lobo, E. (2019). Epilithic diatom flora in Cali River hydrographical basin, Colombia. *Rodriguésia*, 70, 1-28. <https://doi.org/gqd733>
- Hustedt, F. (1949). *Explorative van het National Albert Park. Süßwasser-Diatomeen aus dem Albert – Nationalpark in Belgisch – Kongo. Zending H. Adams (1935-1936)*. Aflevering 8. Instituut Der Nationale Parken Van Belgisch Congo.
- Ibarra, C., Taver, R. & Novelo, E. (2009). Diversity and structure of periphyton and metaphyton diatom communities in a tropical wetland in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(3), 763-769.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2001). *La difluencia del río León hacia el caño Tumaradó. Región de Urabá*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2013). *Aguas Subterráneas en Colombia: una Visión General*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2007). *Estudio semidetallado de suelos de las áreas potencialmente agrícolas. Urabá. Departamento de Antioquia*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Jiménez, J., Moreno, L. & Magnitskiy, S. (2012). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Históricas*, 6(1), 96-109. <https://doi.org/jjkg>
- Jorgensen, E. (1955). Solubility of the Silica in Diatoms. *Physiologia Plantarum*, 8(4), 846–851. <https://doi.org/bp46vf>
- Junk, W., Bayley, P. & Sparks, R. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. En D. P. Dodge (Ed). *Proceedings of the International Large River Symposium [LARS]* (pp. 110-127). Fisheries and Oceans Canada.
- Khan, F. & Ansari, A. (2005). Eutrophication: an ecological vision. *The Botanical Review*, 71(4), 449-482. <https://doi.org/dxrb8v>
- Krammer, K. (1997a). Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten taxa. Teil 1. Allgemeines und *Encyonema* Part. *Bibliotheca Diatomologica Band 36*. J. Cramer.

- Krammer, K. (2002). *Diatoms of the european inland Waters and comparable hábitats. Cymbella*. En H. Lange-Bertalot (Ed.), *Diatoms of Europe* (Vol. 3). A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986). *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae Band 2*. Gustav Fisher Verlag.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1988). *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae Band 2*. V.E.B. Gustav Fischer Verlag.
- Lange-Bertalot, H. (1993). 85 new taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to süßwasserflora von mitteleuropa. *Bibliotheca Diatomologica Band 27* (Vol. 2). J. Cramer.
- Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. (1996) Indicators of oligotrophy. 800 taxa representative of three ecologically distinct lake types carbonate buffered – olygodystrophic – weakly buffered soft water. En H. Lange-Bertalot (Ed.), *Iconographia diatomológica* (Vol. 2). Koeltz Scientific Books.
- Lange-Bertalot, H. & Rumrich, M. (2000). Diatoms of the andes. From Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego and two additional contributions. En H. Lange-Bertalot (Ed.), *Iconographia diatomologica* (Vol. 9). A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Lange-Bertalot, H. (2007). *Anoted Diatom Micrographs*. En H. Lange-Bertalot (Ed.), *Iconographia diatomologica* (Vol. 22). A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Lange-Bertalot, H., Malgorzata, B. & Witkowski, A. (2011). *Diatoms of Europe. Eunotia and some related genera. Diatoms of the european inland water and comparable hábitats*. (Vol. 6). A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Leira, M., López, M. & Carballeira, R. (2017). Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from running Waters in NW Iberian Peninsula (Galicia, Spain). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 74(2), 1-24. <https://doi.org/jjkh>
- Lewin, J. (1961). The dissolution of silica from diatom walls. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 21(3-4), 182–198. <https://doi.org/b4xmfc>
- Linné, S. (1929). *Darien in the past: the archaeology of eastern Panamá and north western Colombia*. Elandors Boktryckery Aktibolag.
- Lombardo, U., Canal-Beeby, E., Fehr, S. & Veit, H. (2011). Raised fields in the Bolivian Amazonía: a prehistoric Green revolution or a flood risk mitigation strategy?. *Journal of Archaeological Science*, 38, 502-512. <https://doi.org/fjdk2j>
- Lowe, R. (1974). *Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms*. <https://bit.ly/3NlkOiH>

- Madeiras, G., Wedig, M., Ferreira, P., Veiga, T. & Bueno, N. (2018). *Gomphonema* Ehrenberg (Bacillariophyceae, Gomphonemataceae) of the São Francisco Falso River, Paraná, Brazil. *Biota Neotropica*, 18(3), 1-23. <https://doi.org/gdq3w4>
- Maltsev, Y. & Kulikovskiy, M. (2017). Morphological and genetic variability of *Hantzschia amphioxys* (Bacillariophyceae) in terrestrial and aquatic habitats. *Botanicheskii Zhurnal*, 102(1), 17-34.
- Mannion, A. (1987). Fossil diatoms and their significance in archaeological research. *Oxford Journal of Archaeology*, 6(2), 131-147. <https://doi.org/b498fg>
- Manzanilla, L. (1997). Indicadores arqueológicos de desastres: Mesoamérica, Los Andes y otros casos. En V. García (Ed.), *Historia y desastres en América Latina* (1 ra ed., Vol. 2, pp. 33-58). Tarea Asociación Gráfica Educativa.
- Martínez, J., De La Fuente G. & Ratto, N. (1999). La utilización del análisis de diatomeas (Bacillariophyta) en la investigación arqueológica: una perspectiva interdisciplinaria. *Arqueología*, (9), 49-69.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot H. (1998). Tropical diatoms of South America I. About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. En H. Lange-Bertalot (Ed.), *Iconographia Diatomologica* (Vol. 5). A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Meyer, W. & Crumley, C. (2012). Historical ecology: using what Works to cross the divide. En T. Moore & X. Armada (Eds.), *Atlantic Europe in the first millennium BC: crossing the divide*, (pp. 109-134). Oxford University Press.
- Montoya, J., Castillo, M. & Sánchez, L. (2011). La importancia de las inundaciones periódicas para el funcionamiento y conservación de los ecosistemas inundables de grandes ríos tropicales: estudios en la cuenca del Orinoco. *Interciencia: revista de ciencia y tecnología de las américas*, 36(12), 900-907. <https://bit.ly/3DG51YK>
- Montoya, Y., Sala, S., Vouilloud, A. & Aguirre, N. (2012). Diatomeas (Bacillariophyta) perifíticas del complejo cenagoso de Ayapel, Colombia I. *Caldasia*, 34(2), 457-474. <https://bit.ly/3SL6eCf>
- Morales, M. (2004). *Casi invisible: Diatomeas, ambientes locales y grupos humanos del Holoceno Medio en la Puna desértica*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Buenos Aires]. Repositorio Digital Institucional Universidad de Buenos Aires.
- Muñoz, P., Gorin, G., Parra, N., Velásquez C., Lemus, D., Monsalve, C. & Jojoa, M. (2017). Holocene climatic variations in the Western Cordillera of Colombia: a multiproxy High-resolution record unravels the dual influence of ENSO and ITCZ. *Quaternary Science Reviews*. 155, 159-178. <https://doi.org/f9jg3d>
- Muñoz, V. & Rodríguez, C. (1992). Identificación de acuíferos en el norte de la zona bananera de Urabá. *Boletín ciencias de la tierra*. (11), 15-34.

- Odum, E. & Barrett, G. (2006). *Fundamentos de Ecología*. Cengage Learning Editores S.A.
- Ordoñez, J. (2015). *Diagnóstico arqueológico del contexto funerario (guaqueado) en la vereda Chotadural en el Municipio de Mutatá*. (Sp).
- Othsuka, T., Nakamura, Y., Nakano, S. & Miyake, Y. (2007). Diatoms from Ishite stream, near the Komenono Forest Research Center of Ehime University, Japan. *Diatom*, 23, 29-48. <https://doi.org/jjkkp>
- Pardos, J. (2004). Respuestas de las plantas al anegamiento del suelo. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 13(extr.1), 101-107.
- Parsons, J. (1996). *Urabá, salida de Antioquia al mar: geografía e historia de la colonización*. El Áncora Editores.
- Patrick, R. & Reimer, C. (1966). *The United States*. (N. 13). The Livingston Publishing Company.
- Patrick, S. & Holding, A. (1985). The effect of bacteria on the solubilization of silica in diatom frustules. *Journal of Applied Bacteriology*, 59(1), 7-16. <https://doi.org/fpws7w>
- Peszek, L., Rybak, M., Lange-Bertalot, H., Kociolek, J. & Witkowski, A. (2021). Three new *Luticola* D.G. Mann (Bacillariophyta) species from Rapa Nui (Easter Island) found in terrestrial diatom assemblages dominated by widely distributed taxa. *PeerJ* 9:e11142. <https://doi.org/jjkkq>
- Piazzini, C. (2004). *Arqueología en la cuenca del río La Herradura: municipios de Frontino, Cañas Gordas y Abriaquí en el Noroccidente antioqueño* (1ra ed.).
- Piazzini, C. (2020). *Entre Colombia y Panamá: arqueologías del Chocó norte*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Piazzini, C. & Escobar, A. (2014). *Territorios y memorias arqueológicas de Urrao y Frontino: municipio de Frontino, municipio de Urrao, instituto de cultura y patrimonio de Antioquia* (1ra ed.).
- Piazzini, C., Posada, W., Arango, C., Escobar, D., Yepes, J., Ortiz, A., Botero, S., Rodríguez, V., Arroyave, S. & Lenis, D. (2009). *Arqueología de Frontino: espacio tiempo y sociedad en el Noroccidente de Antioquia en la época precolombina y colonial*.
- Plazas, C. & Falchetti, A. (1981). *Asentamientos prehispánicos en el bajo río San Jorge*. Banco de la República.
- Plazas, C., Falchetti, A., Sáenz, J. & Archila, S. (1993). *La sociedad hidráulica Zenu: estudio arqueológico de 2000 años de historia en las llanuras del Caribe colombiano*. Banco de la República.
- Plazas, C., Falchetti, A., Van Der Hammen, T., Botero, P., Sáenz, J. & Archila, S. (1988). Cambios ambientales y desarrollo cultural en el bajo Río San Jorge. *Boletín Museo Del Oro*, (20), 55-88.

- Posada, W. (2022). *Paleoambientes y estructuras hidráulicas en la cuenca del río León: un estudio sobre estrategias adaptativas y desarrollos territoriales en el Urabá prehispánico*.
- Posada, W., Cadena, B., González, C. & Arroyave, E. (2019). El sistema de canales y camellones prehispánico del Golfo de Urabá, noroccidente de Colombia. Un reporte arqueológico y geográfico preliminar. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(169), 628-637. <https://doi.org/jjks>
- Posada, W. & Parra, L. (2010). Microscopía de pedocomponentes en un sitio arqueológico del Occidente de Antioquia. Énfasis en arqueobotánica y paleoecología. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 14(1), 17-40.
- Ramírez, H., Zárate, P., García, M., De la Torre, O., Israde, I. & Meulenert, A. (2007). Disolución de sílice biogénica en sedimentos de lagos utilizados como bioindicadores de calidad del agua. *e-Gnosis*, 5(4), 1-19.
- Redman, C. (2005). Resilience theory in archaeology. *American Anthropological Association*, 107(1), 70-77. <https://doi.org/b734n6>
- Reichel-Dolmatoff, G. (1997). *Arqueología de Colombia: un texto introductorio*. Presidencia de la República.
- Rodríguez, C. & Vásquez, C. (1997). Intrusión salina en acuíferos del Urabá antioqueño. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (12), 84-100.
- Rojas, S. & Montejó, F. (2015). Análisis espacial del sitio arqueológico San Pedro, ubicado en el bajo río San Pedro, Caribe colombiano. *Revista Colombiana de Antropología*, 51(2), 339-363. <https://doi.org/jjkt>
- Roldán, G. & Ramírez J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. (2ª ed.). Editorial Universidad de Antioquia.
- Rosa, C., Tremarin, P., Medeiros, G., Veiga, T. & Bueno, N. (2021). *Eunotia* (Bacillariophyceae) from a subtropical stream adjacent to Iguaçu National Park, Brazil, with the proposition of a new species. *Biota Neotropica*, 21(1), 1-16. <https://doi.org/jjkv>
- Rostain, S. (2017). Camellones. Cultivar sobre campos elevados en la amazonía. En S. Rostain & C. Jaimes (Eds.), *Las siete maravillas de la Amazonía precolombina* (Pp. 73-98). Plural Editores.
- Round, F., Crawford, R. & Mann, D. (1990). *The diatoms: biology and morphology of the genera*. The Bath Press.
- Rybak, M., Noga, T. & Zubel, R. (2018). The aerophytic diatom assemblages developed on mosses covering the bark of *Populus Alba L.* *Journal of ecological engineering*, 19(6), 113-123. <https://doi.org/jjkw>

- Sandoval, M. (2017). Anegamiento: causas, efectos y estrategias de manejo. *Voces y Ecos*, (38), 20-21.
- Santos, G. (1989). Las etnias indígenas prehispánicas y de la conquista en la región del Golfo de Urabá. *Boletín de Antropología*, 6(22), 11-92.
- Sarcina, A. & Montenegro, E. (2016). El bien de interés cultural. En Instituto Colombiano de Antropología e Historia, *Plan de Manejo Arqueológico: Santa María la Antigua del Darién. Municipio de Unguía, Chocó* (pp. 71-329). Instituto colombiano de Antropología e Historia. <https://bit.ly/3D6eS8C>
- Schulz, K., Mikhailiuk, T., Dreßler, M., Leinweber, P. & Karsten, U. (2016). Biological soil crusts from coastal dunes at the Baltic Sea: cyanobacterial and algal biodiversity and related soil properties. *Microbial Ecology*, 71(1), 178-193. <https://doi.org/f8jdk2>
- Schwarzwalder, R. & Postek, M. (2008). Valve morphology of *Synedra goulardii* (Bacillariophyceae). *Journal of Phycology*, 17(4), 412–414. <https://doi.org/dptmmc>
- Seckbach, J. & Kociolek, P. (2011). Diatoms: general introduction. En J. Seckbach & P. Kociolek (Eds.), *The diatom World* (pp. XI-XII). Springer.
- Segecin, R., De Santi, V. & Segecin, S. (1999). Avaliação das técnicas de oxidação comumente empregadas na limpeza de valvas silicosas. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, 1(1), 17-25.
- Sierra-Arango, O. (2013). *Análise paleoecológica e tafonômica de alta resolução em depósitos holocênicos no Páramo de Frontino, Antioquia, Colômbia, com base em diatomáceas*. [tesis de doctorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul].
- Sierra-Arango, O., Alves, P. & Velásquez, C. (2014). Taphonomic signatures and paleoecology of holocene diatom assemblages in the Llano Grande basin, northwestern Andean Cordillera, Colombia. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 17(2), 123-140. <https://doi.org/jjkx>
- Silver, P. & Baskette, G. (2004). A morphological examination of *Frustulia* (Bacillariophyceae) from the Ocala National Forest, Florida, USA. *Canadian Journal of Botany*, 82(5), 629-644. <https://doi.org/cs9bmc>
- Silver, P. & Hamilton, P. (2011). Diatoms of north américa: the fresh water flora of waterbodies on the Atlantic Coastal plain. En H. Lange-Bertalot (Ed.), *Iconographia Diatomologica* (Vol. 22), A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Sinclair, P., Moen, J. & Crumley, C. (2018). Historical Ecology and the longe durée. En C. Crumley., T. Lennartsson & A. Westin (Eds.), *Issues and concepts in historical ecology. The past and future of landscapes and regions* (pp13-40). Cambridge University Press.
- Solak, C. & Wojtal, A. (2012). Diatoms in springs and streams of Türkmen MT. (Sakarya river basin) common in turkish inland Waters. *Polish Botanical Journal*. 57(2), 375-425.

- Sousa, J., Veiga, T., Melo, S. & Cavalcante, A. (2021). Taxonomia do gênero *Pinnularia* Ehrenberg (Bacillariophyceae) no Lago Jurucuí, Belterra, Amazônia, Brasil. *Biota Amazônia*, 11(1), 41-51.
- Spaulding S., Potapova, M., Bishop, I., Lee, S., Gasperak, T., Jovanoska, E., Furey, P. & Edlund, M. (2021). Diatoms.org: supporting taxonomists, connecting communities. *Diatom Research*, 36(4), 291-304. <https://doi.org/gp2vfw>
- Taboada, M., Martínez, S., Tracanna, B. & Bustos, S. (2017). Nuevos registros de Bacillariophyceae en ecosistemas lóticos del Noroeste de Argentina I. *Lilloa*, 54(2), 240-256. <https://doi.org/jjk2>
- Tchilinguirian, P. & Olivera, D. (2010). Evolution and human land management during the Holocene in southern altiplano desert Argentina (26°S). En P. Zdruli., M. Pagliai., S. Kapur & A. Faz (Eds.), *Land Degradation and Desertification: assessment, mitigation and remediation* (1ª ed., pp. 591-604). Springer.
- Toledo, L. & Comas, A. (2013). Especies dulceacuícolas del género *Pinnularia* (Bacillariophyceae) de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 32-33, 285-292.
- Tremarin, P., Moreira, H. & Veiga, T. (2010). Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, bacia hidrográfica litorânea paranaense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 24(2), 335-353. <https://doi.org/dpxgmr>
- Trombold, C. & Israde, I. (2005). Paleoenvironment and plant cultivation on terraces at La Quemada, Zacatecas, Mexico: the pollen, phytolith and diatom evidence. *Journal of Archaeological Science*. 32, 341-353. <https://doi.org/bgh6z6>
- Tylor, J., Harding, W. & Archibald, C. (2007). *An illustrated guide to some common diatom species from South Africa*. <https://bit.ly/3U3s05i>
- Universidad de Medellín. (2012). *Consultoría para delimitar los humedales asociados al río León en el área de influencia de los municipios de Apartadó, Carepa, Chigorodó y Turbo, a través de técnicas que permitan modelar la función estructura y composición de los humedales y evaluar la magnitud del daño generado por las modificaciones en el paisaje y en el cambio de uso del suelo a una escala de 1:25000*.
- Uribe, M. (1988). Introducción a la orfebrería de San Pedro de Urabá, una región del Noroccidente colombiano. *Boletín Museo del Oro*, (20), 35-53.
- Vélez, C. & Aguirre, N. (2016). Influencia del río Atrato en el Golfo de Urabá durante el Holoceno tardío, mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 45(1), 73-97. <https://doi.org/jjk4>

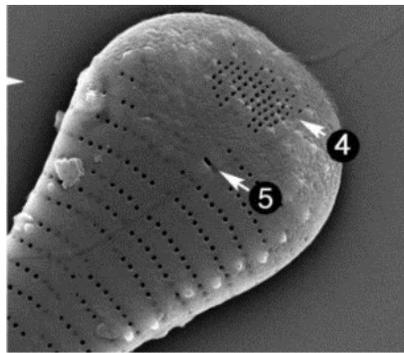
- 
- Villegas, P., Paredes, V., Betancur, T. & Ribeiro, L. (2013). Assessing the hydrochemistry fo the Urabá aquifer, Colombia by principal component análisis. *Journal of Chemical Exploration*. <https://doi.org/f5kh7d>
- Vouilloud, A., Sala, S., Núñez, M. & Duque, S. (2010). Diatoms from the Colombian and Perubian Amazon; the genera Encyonema, Encyonopsis and Gomphonema (Cymbellales: Bacillariophyceae). *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 45-62. <https://doi.org/jjk5>
- Walker, J. (2000). Raised Field abandonment in the upper Amazon. *Culture and agricultura*, 22(2), 27-31. <https://doi.org/b63kn6>

## Anexos

### 1 Glosario

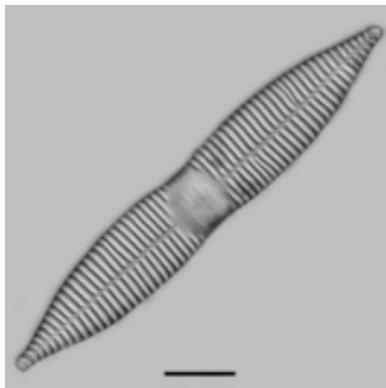
El glosario que se presenta a continuación fue construido a partir de las imágenes y definiciones presentadas en diatoms.org (spaulding et al., 2021). En los casos en los que las imágenes pertenezcan a otras fuentes, será señalado.

**Ápice:** punta o extremo de la diatomea



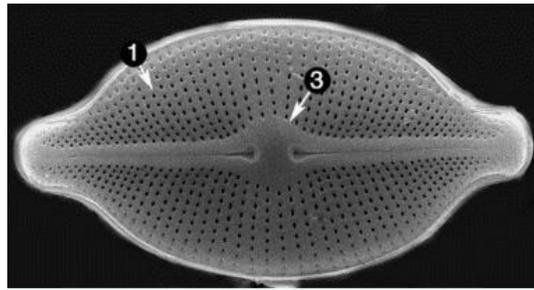
*Asterionella*

**Apiculado:** refiere a un ápice valvar que se estrecha abruptamente en un punto fino.



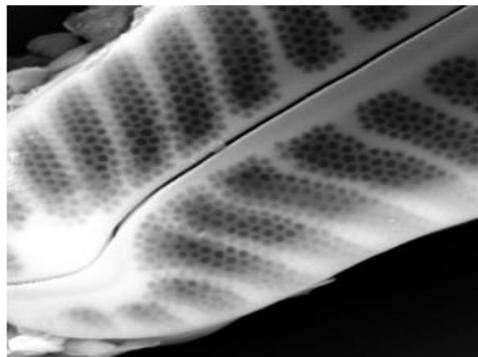
*Synedra goulardi*

**Áreas central o proximal del rafe:** es la parte central de la diatomea penada rafídea.



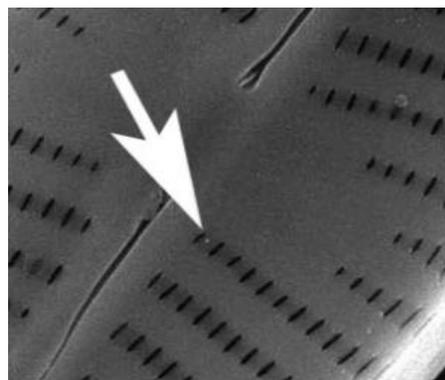
*Cosmioneis*

**Alveolos:** cámara elongada que forma parte de o es toda una estría. Plural alveolus.



*Pinnularia*

**Areola:** es uno de los poros en una hilera que forma una estría sobre una valva. Plural areolae. Los poros pueden ser lineolados, puntuados o lanceolados. Puede tener varios tipos de oclusión: hymen, velum, cribrum, rota, vola.



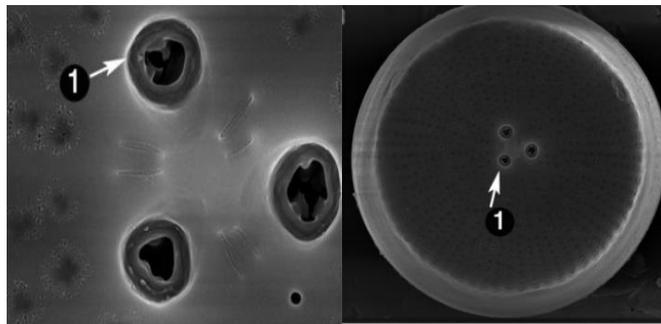
*Navicula tripunctata*

**Capitate:** valva cuyos extremos terminan en forma de cabeza.



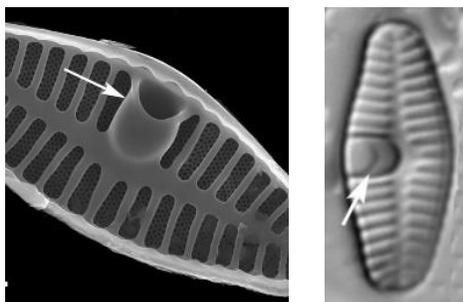
*Planothidium hainaldii*

**Carinopórtula:** proceso central que solo se presenta en el género *Orthoseira*, aberturas externas compuestas de distintos collares. Se ubican en el centro o cerca al centro de la valva.



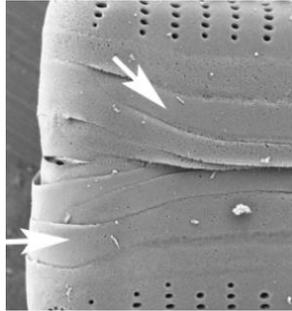
*Orthoseira*

**Cavum:** es una extensión de sílice encontrada en algunas especies de *Planothidium*, *Gliwiczia* y *Skabitschewskia*. El cavum cubre parcialmente el interior del área central asimétrica de la valva arrafídea en *Planothidium* y *Gliwiczia*. Un cavum está presente en ambas valvas de *Skabitschewskia*. *Términos alternativos para cavum son cave=cueva y hood=toldo.*



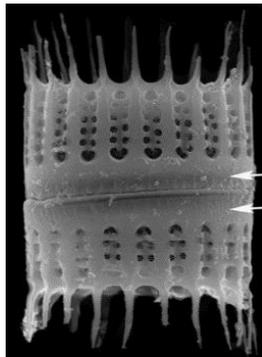
*Planothidium*

**Cingulo:** refiere a las series de bandas silíceas de unión asociadas con la valva. Plural cingulo. Cada banda es llamada banda cingular o cópula (plural copulae).



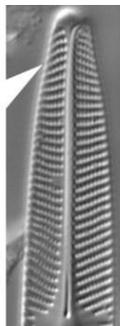
*Staurosira*

**Collum:** es el área delgada sin ornamentación en el borde del manto valvar del género *Aulacoseira*.



*Aulacoseira humilis*

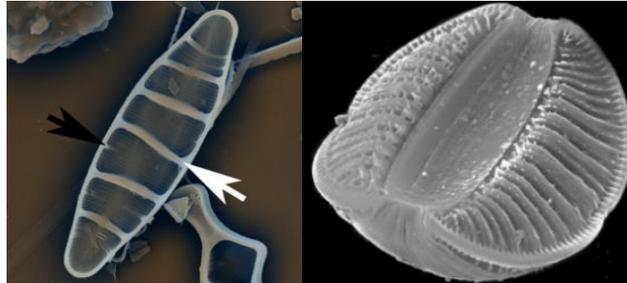
**Convergente:** refiere a las estrías que se inclinan hacia el nódulo central con el esternón como el origen. Las estrías convergentes pueden estar a lo largo de la valva, en el centro o en los ápices. En contraste las estrías son radiadas o divergentes cuando se inclinan fuera del nódulo central con el esternón como origen.



Las estrías de los extremos de *Navícula angusta* son convergentes, mientras las estrías son radiadas cerca del centro de la valva.

***Copulae***: nombre alternativo para referirse a las bandas del cingulo.

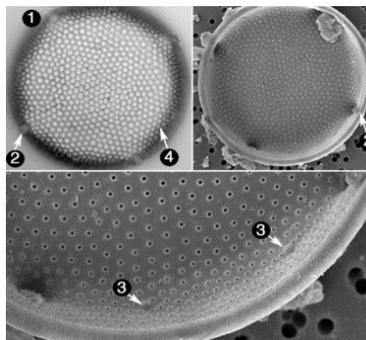
***Costae***: costillas sin ornamentación que se ubican de forma paralela entre sí y separan a las estrías.



*Diatoma*

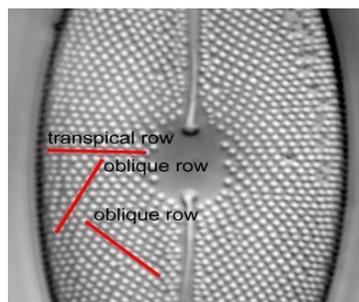
*Rhopalodia*

***Cresta=margen***: borde de la valva de la diatomea.



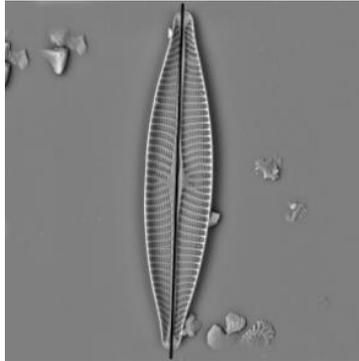
*Eupodiscus*

***Decusado***: refiere a un patrón de estrías cruzado. Las estrías pueden cruzarse en tres direcciones con una hilera transapical y dos hileras oblicuas. El género *Decussata* y *Pleurosigma* tienen estrías decusadas.



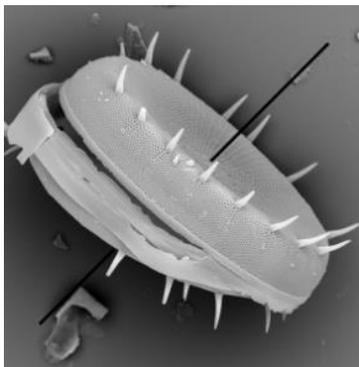
*Decussata*

***Eje Apical=eje transversal:*** es el eje longitudinal de la cara de la valva en una diátomea penada, pasando de un ápice al otro. Sigue la línea media de la valva y puede ser curvo.



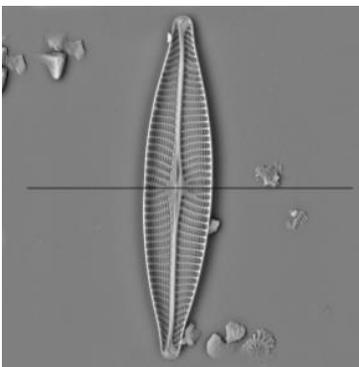
*Navicula*

***Eje perivalvar:*** es el eje de la valva que es perpendicular al centro de la cara valvar. Esto es, refiere al eje que pasa por el centro de las valvas del frústulo en una diátomea.



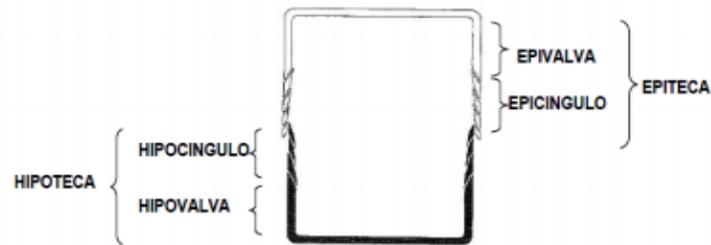
*Stephanodiscus yellowstonensis*

***Eje transapical:*** es el eje corto de la cara valvar de una diátomea penada, pasando a través de la mitad de la cara, perpendicular al eje apical.



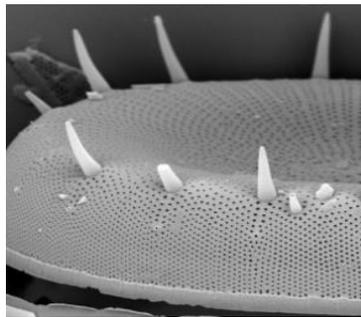
*Navicula*

**Epicíngulo:** bandas del cíngulo asociadas a la epivalva. Las bandas y la epivalva forman la epiteca.



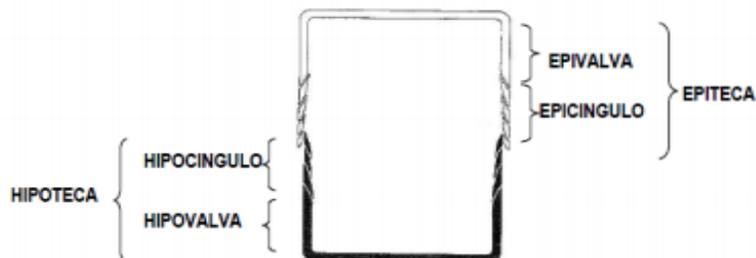
*Fuente.* <https://www.uv.mx/veracruz/mmf/files/2014/10/IDENTIFICACION-DE-DIATOMEAS-OLIVIA-QUERO-151014.pdf>

**Espina:** es una extensión de sílice de la valva, más corta que una seta, pueden ser sólidas o huecas, largas o cortas, únicas o múltiples. Se pueden ubicar en diferentes puntos de la valva de acuerdo al taxón.



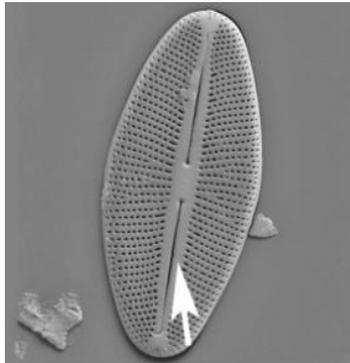
*Stephanodiscus*

**Epivalva:** es la valva asociada a la epiteca, es la mitad más grande del frústulo. La epiteca traslapa la hipoteca.



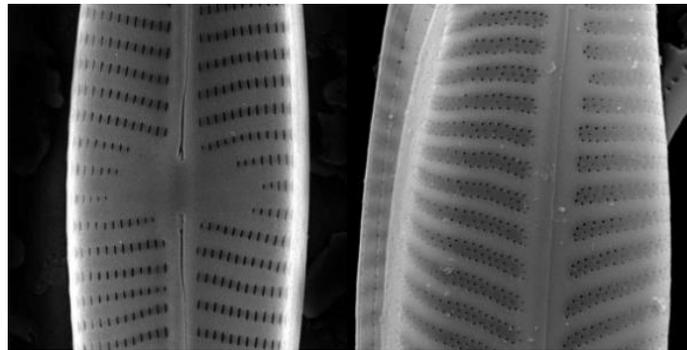
*Fuente.* <https://www.uv.mx/veracruz/mmf/files/2014/10/IDENTIFICACION-DE-DIATOMEAS-OLIVIA-QUERO-151014.pdf>

***Esternón:*** engrosamiento longitudinal de sílice sin ornamentación en la valva de las diatomeas penadas. Usualmente se posiciona a lo largo del eje apical, pero a veces se posiciona a lo largo de la margen valvar. En muchas diatomeas rafideas, el esternón contiene el rafe. (plural sterna).



*Cavinula*

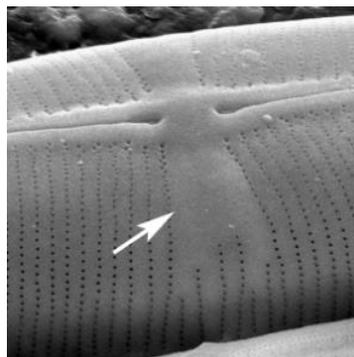
***Estría:*** es una o varias hileras de areolas (uniseriadas o multiseriadas) o alveolos, cuando los alveolos se extienden desde el eje apical hasta la margen.



*Navicula tripunctata*

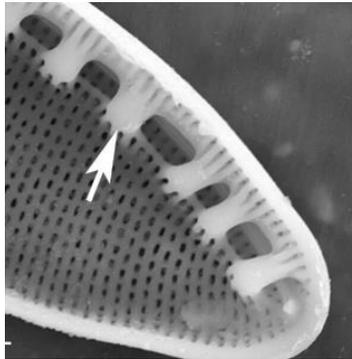
*Gomphosinica geitleri*

***Fascia:*** es una hyaline (área de la diatomea sin ornamentación, poros u otras estructuras), área de engrosamiento de sílice que se extiende en algunas diatomeas pennadas desde el área central hacia las márgenes valvares.



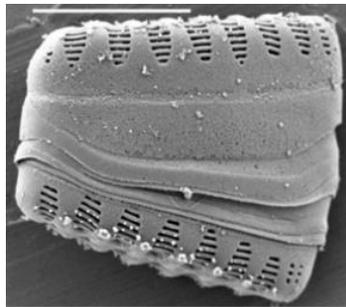
*Staurophora*

**Fíbula:** es una barra interna de sílice en la que se apoya (sirve de soporte) el canal del rafe. Su plural es fibulae. Las fibulae se extienden transapicalmente desde la cara valvar al canal del rafe. Los géneros con fibulae incluyen Denticula, Nitzschia, Surirella.



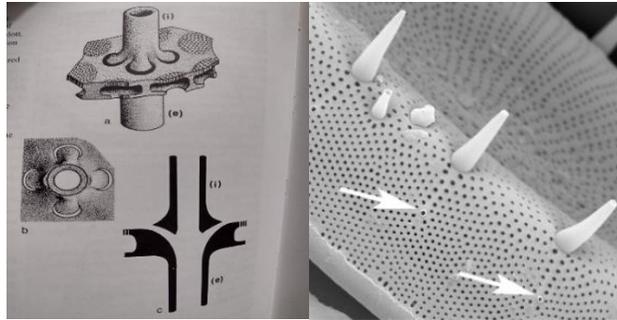
*Nitzschia Kurzeana*

**Frústulo:** es la parte silíceica de la pared celular de una diatomea. Lo conforman la epiteca y la hipoteca, espinas, etc.



*Staurosirella pinnata*

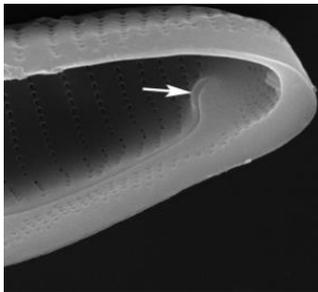
**Fultopórtula:** las fultopórtulas es un tubo que penetra la estructura de sílice y es apoyado por dos o más refuerzos (de ahí el término fultopórtula o strutted process). El tubo puede proyectarse o no fuera del tubo de la valva. Casi siempre tiene una apertura externa simple. Tiene una estructura completa, ya que no solo está la apertura del tubo, sino que también tiene de dos a cinco orificios o rendijas satélites que se abren pasajes conectándose en el interior de la célula con el tubo central. Se asocia con la secreción de fibrillas de  $\beta$ -chitin. Solo se presenta en el orden de las thalassiosirales centrales, al contrario de la rimopórtula que está presente en todas las diatomeas.



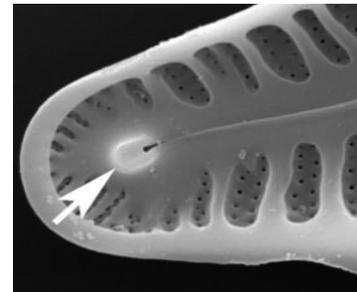
Fuente. Round et al.  
(1990)

*Stephanodiscus  
yellowstoniensis*

**Helictoglosa:** es la terminación interna distal del rafe en la célula con forma de un par de labios o de lengua enrollada.

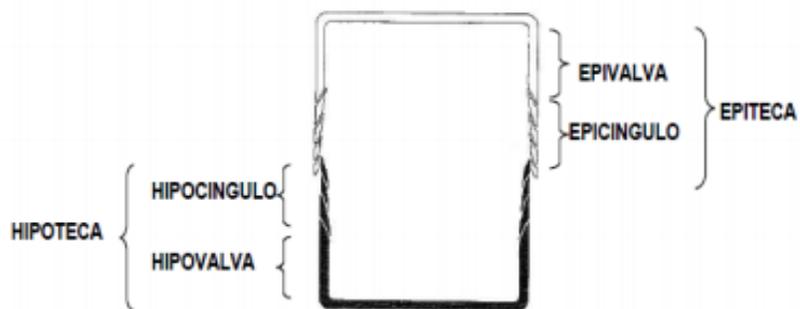


*Eunotia macroglossa*



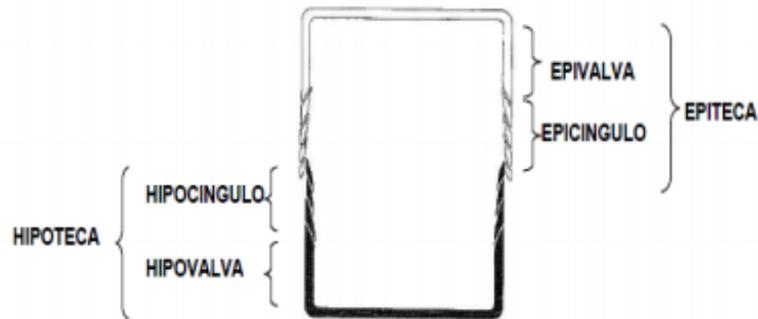
*Gomphoneis geitleri*

**Hipocíngulo:** bandas del cíngulo más nuevas de la célula y asociadas a la hipoteca.



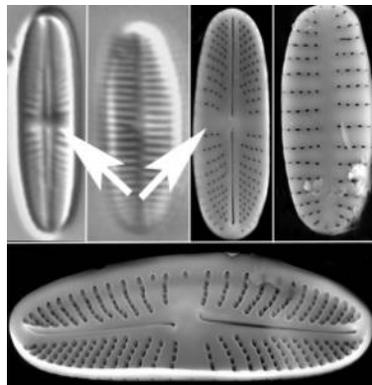
Fuente. <https://www.uv.mx/veracruz/mmf/files/2014/10/IDENTIFICACION-DE-DIATOMEAS-OLIVIA-QUERO-151014.pdf>

**Hipovalva:** es la valva de la hipoteca y es la más nueva de la célula.



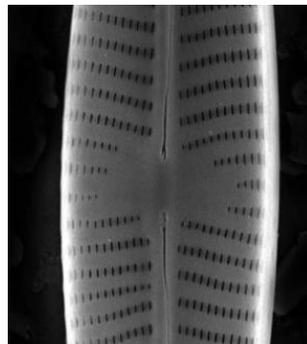
Fuente. <https://www.uv.mx/veracruz/mmf/files/2014/10/IDENTIFICACION-DE-DIATOMEAS-OLIVIA-QUERO-151014.pdf>

**Hyaline:** se refiere cualquier área de la valva de la diatomea sin ornamentación (sin poros u otras estructuras).



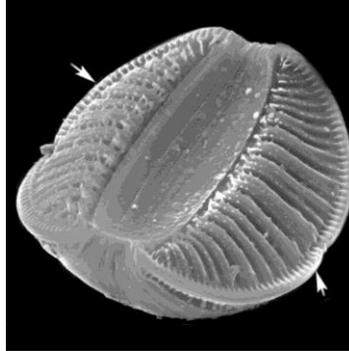
*Achnantheidium atomus*

**Interestría:** refiere a las costillas que separan a las estrías.



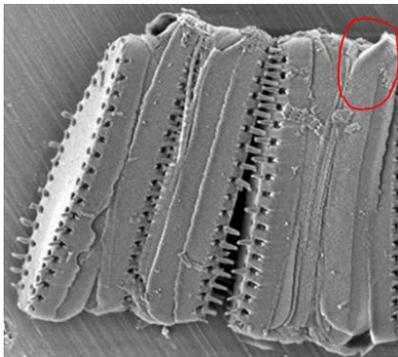
*Navicula tripunctata*

**Keel:** engrosamiento de sílice que contiene el rafe dentro de un canal, el keel eleva el rafe a un plano mayor de la superficie de la valva permitiendo un contacto máximo del rafe con las superficies de los sedimentos, plantas o rocas para movilidad. El keel se observa en *Nitzschia*, *Iconella* y *Entomoneis*.



*Rhopalodia*

**Ligula:** es una proyección de sílice en la división de un anillo de la faja del cingulo.

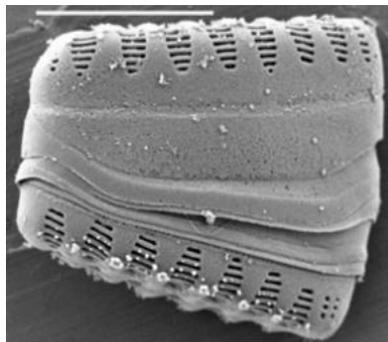


*Pseudostaurosira*



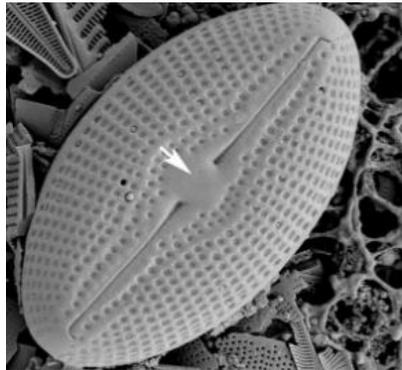
*Staurosira*

**Manto:** es la superficie curva de la diatomea anterior a las bandas del cingulo.



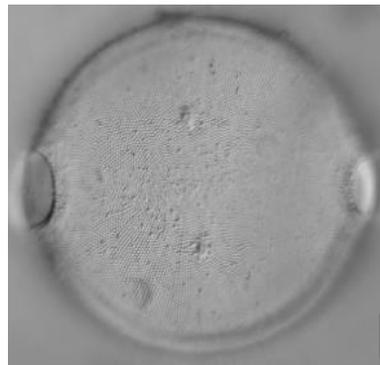
*Staurosirella pinnata*

**Nódulos centrales:** engrosamiento silíceo en el centro de las diatomeas pennadas que suele dividir el rafe.



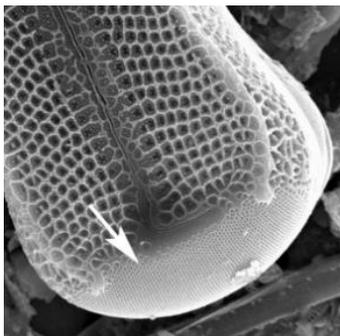
*Diploneis*

**Ocelli:** campo poroso que tiene un borde (hyaline) sin ornamentos, son poros más pequeños que los del resto de la valva y pueden estar ocluidos o no por una vela más simple que en el resto de la valva. Generalmente se encuentran en los ápices de las valvas. Parecen estar ausentes en los géneros rafídeos. Están relacionados con la secreción de mucílago.



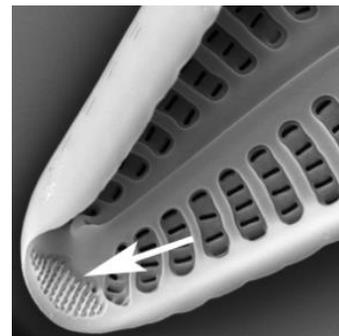
*Pleurosira laevis*

**Campo poroso:** área de poros finos diferenciada del patrón sobre el resto de la valva.

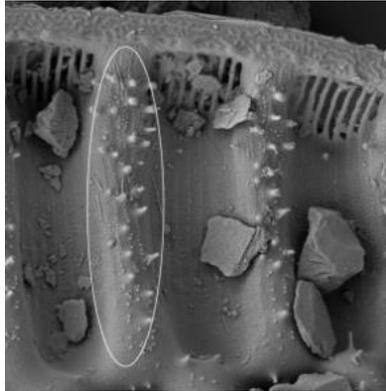


*Didymosphenia geminata*

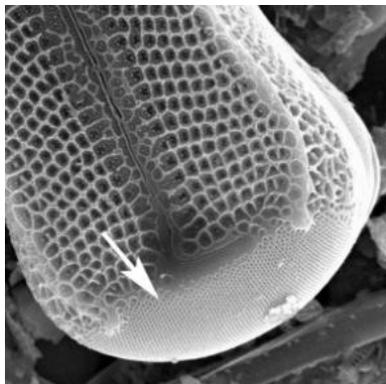
*Cymbella affinis*



**Porca:** es una ondulación transapical o cresta elevada en la cara externa de la valva en el género *Surirella*.

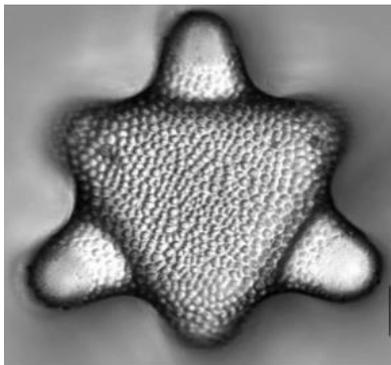


**Porelli:** es un poro pequeño en la valva. El plural es porellus. Grupos de porelli compactados componen un ocelli, pseudocelli y campos porosos apicales.



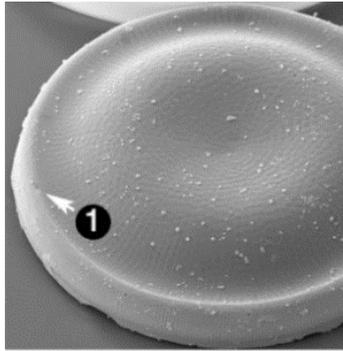
*Didymosphenia geminata*

**Pseudocelli:** campo poroso que carece de demarcación en lugar de una frontera marcada entre la areola y el campo poroso, los poros decrecen en tamaño gradualmente.



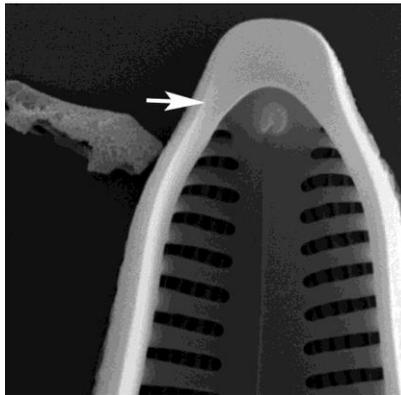
*Hydrosera whampoensis*

***Pseudonódulos:*** pequeños poros en la periferia del borde de actinocyclus.



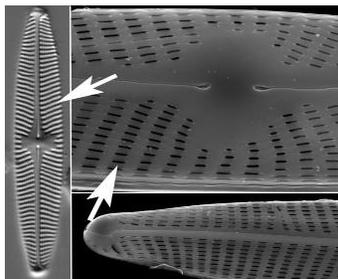
*Actinocyclus*

***Pseudoseptum:*** es un plato de sílice que se extiende internamente desde el ápice de la valva. En contraste al pseudoseptum que es parte de la valva, el septum es parte del cingulo.



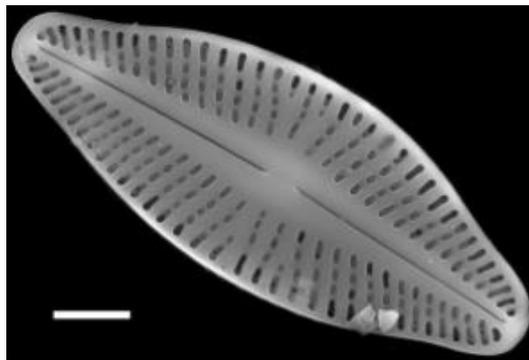
*Gomphonema showing*

***Radiado(a):*** son estrías que se proyectan desde el nódulo central con el esternón como el origen. Las estrías radiadas pueden estar a lo largo de la valva, solo en el centro de la valva o solo en los ápices de la valva. en contraste, las estrías son convergentes si ellas se inclinan hacia el nódulo central con el esternón como el origen.



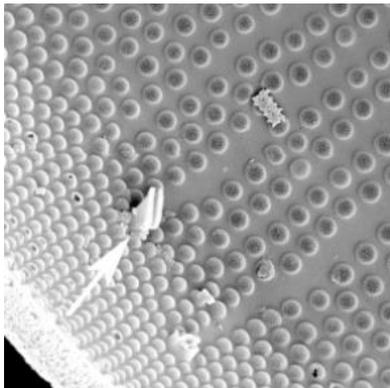
Estrías de *Navicula angusta* radiadas cerca del centro de la valva y convergentes hacia los extremos.

**Rafe:** estructura que permite a las diatomeas penadas moverse sobre las superficies. Está compuesto por una o dos hendiduras o fisuras que penetran la valva de algunas diatomeas. Si hay dos hendiduras presentes, cada una es llamada rama del rafe. Las dos ramas pueden estar separadas por un engrosamiento de sílice en el centro de la diatomea llamado nódulo central. La posición del rafe puede ser: 1. Axial: a lo largo del eje apical, 2. Excéntrica: a lo largo de la margen, 3. Circunferencial: alrededor de la margen completa de la valva. Las diatomeas son birrafideas cuando ambas valvas tienen rafe y monorrafideas cuando una sola valva tiene rafe.



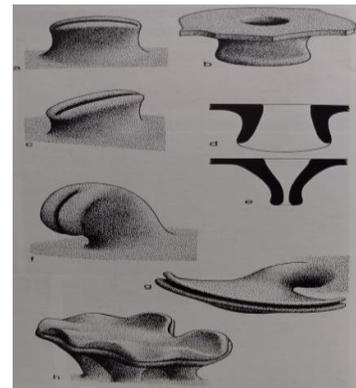
*Karayevia clevei*

**Rimopórtula:** es un tubo que se abre al interior de la célula por una (raramente dos) hendidura (también ha sido usado el término de proceso labiado) y hacia afuera por una apertura simple o una estructura tubular abierta en el ápice. Puede estar relacionada con la secreción de mucílago. No tiene poros satélites.

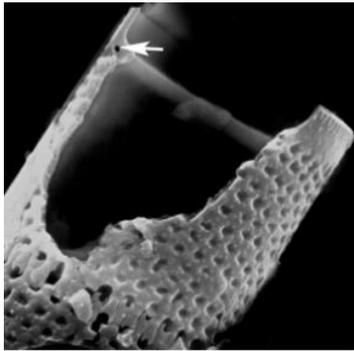


*Stephanodiscus  
Yellowstonensis*

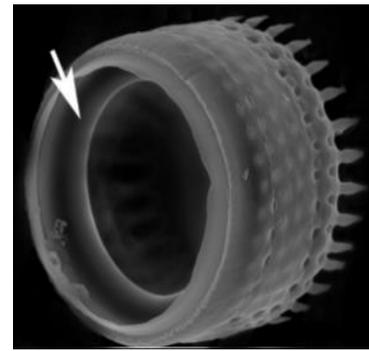
Fuente. Round et al. (1990)



**Ringleiste=sulcus:** es un saliente de sílice interno que se proyecta dentro del interior de la célula desde el collum. El collum solo se encuentra en el género *Aulacoseira*.

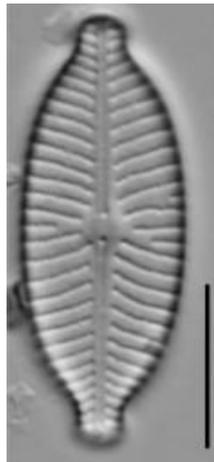


*Aulacoseira ambigua*



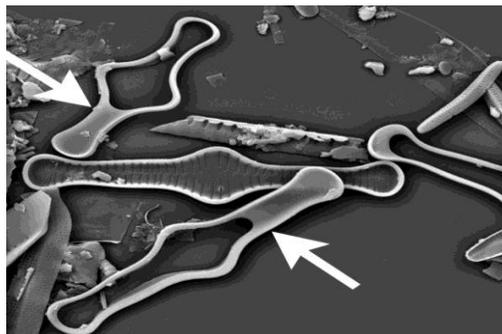
*Aulacoseira alpigena*

**Rostrado(a):** valva que termina en forma de pico, o en forma de rostra (pico de delfín).



*Placoneis elginensis*

**Septae=septum:** es una hoja de sílice que se extiende internamente desde las paredes de una cópula (banda del cíngulo) y ocluye una porción de su largo, mientras un pseudoseptum es parte de una valva.



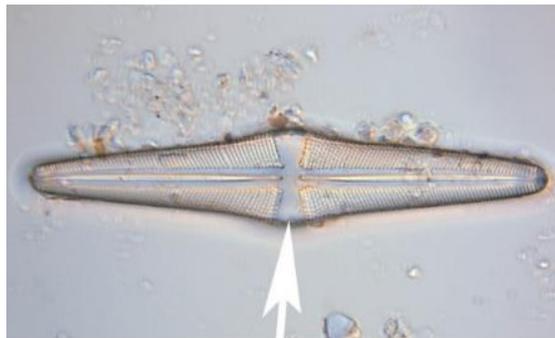
*Tabellaria*

**Sigmoideo:** refiere a una valva que tiene, más o menos, forma de la letra “S”.



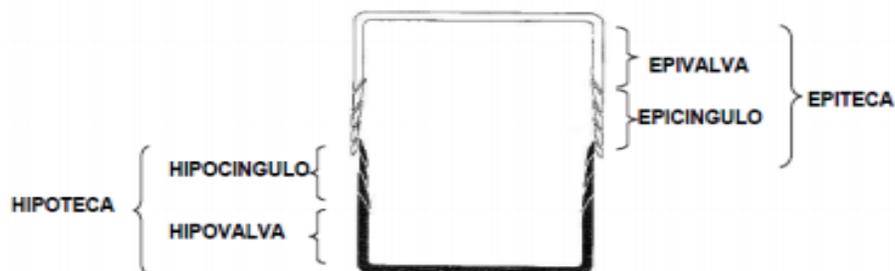
*Gyrosigma*

**Stauro:** es un engrosamiento de sílice (hyaline) en el área central de una valva encontrado solo en el género *Stauroneis*. En algunas ocasiones se han considerado equivalentes la fascia y el stauro, pero el stauro tiene un patrón distinto de desarrollo, ya que durante la formación de la valva de *Stauroneis* se desarrolla un hilo transversal de sílice desde cada lado del nódulo central.



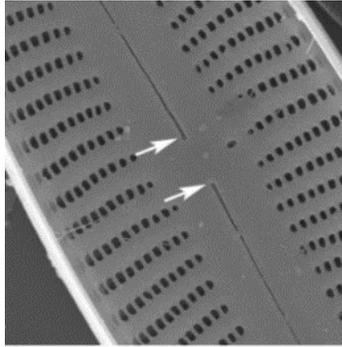
*Stauroneis*

**Teca:** se denomina de esta forma a cada una de las valvas con sus elementos cingulares asociados.



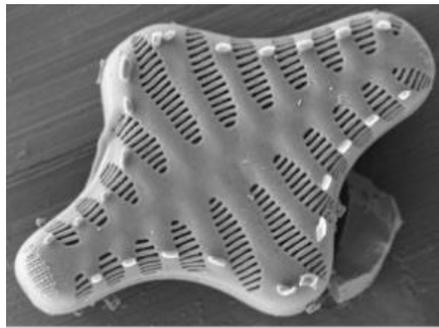
*Fuente.* <https://www.uv.mx/veracruz/mmf/files/2014/10/IDENTIFICACION-DE-DIATOMEAS-OLIVIA-QUERO-151014.pdf>

***Terminación proximal del rafe:*** es la porción del rafe cerca al nódulo central de la valva. Más específicamente bordea el nódulo central.



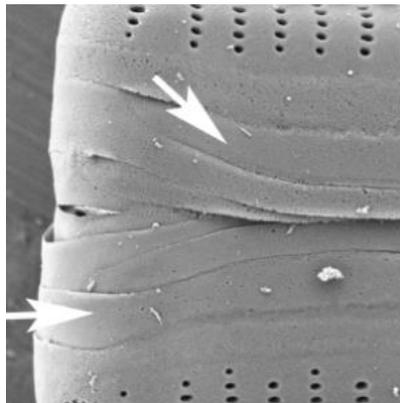
*Gomphonema*

***Valva:*** es la unidad silíceca en el final de un frústulo. Las valvas opuestas y las bandas cingulares forman un frústulo.



*Staurosirella leptostauron*

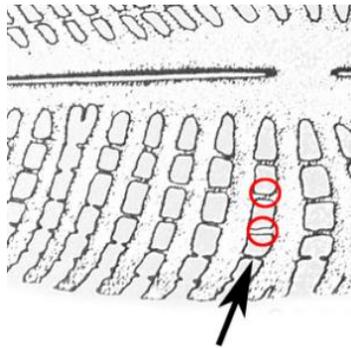
***Valvocópula:*** primera banda del cíngulo sea de la epiteca o de la hipoteca.



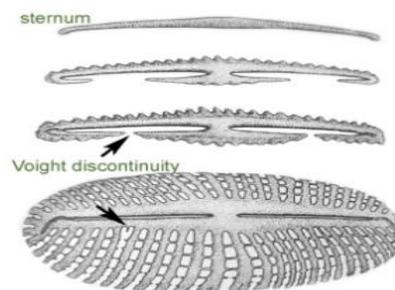
*Staurosira construens*

**Velum:** es una capa porosa delgada de sílice que ocluye una areola.

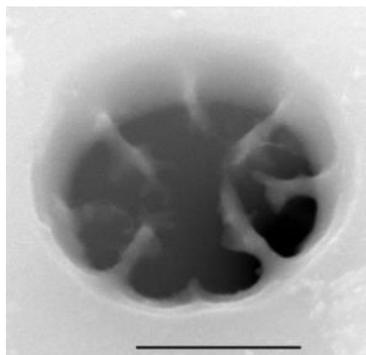
**Vimen:** conexión de sílice entre virgae o costillas adyacentes separando las areolas dentro de una estría.



**Discontinuidad de Voigt:** es una interrupción en el patrón de estrías de las valvas de diatomeas rafídeas. Esta discontinuidad, si es que se presenta, ocurre en el lado secundario de la valva y marca el punto de fusión del esternón durante la ontogenia.



**Vola:** (plural volae) es un tipo de velo consistente en un brote de sílice de la pared de la areola.



*Aulacoseira crassipunctata*

## 2 licencia intervención arqueológica



Instituto Colombiano de  
Antropología e Historia

ICANH



La cultura  
es de todos

Mincultura

ICANH 130  
No. Rad. 3399

3 7 8 1

Bogotá D. C.

17 JUL 2019

Señor (a)

**William Andrés Posada Restrepo**

willyposada@yahoo.es

Asunto: Autorización de Intervención Arqueológica

Cordial saludo,

Anexo a la presente, Autorización de Intervención Arqueológica No. 8202, que le autoriza para realizar los trabajos de intervención de bienes arqueológicos planeados dentro del proyecto:

**PALEOAMBIENTES Y ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN LA CUENCA DEL RÍO LEÓN: UN ESTUDIO SOBRE ESTRATEGIAS ADAPTATIVAS Y DESARROLLOS TERRITORIALES EN EL URABÁ PREHISPÁNICO.**

Los requisitos mínimos de cumplimiento se encuentran al respaldo de la autorización y anexo se encuentra el texto de la evaluación. Sírvase revisarlos y comuníqueme al ICANH si existen dudas al respecto.

Finalmente, le comunicamos que para el ICANH es muy importante conocer la opinión de la ciudadanía, por tal razón lo invitamos a diligenciar nuestra encuesta de satisfacción del trámite "Autorización para la intervención sobre el patrimonio arqueológico", la cual podrá encontrar en el siguiente link: <https://goo.gl/forms/eBLW1716mL29BS182>

Atentamente,

  
**JUAN MANUEL DÍAZ ORTIZ**  
Coordinador grupo de arqueología

Proyecto: Diana García  
Revisó: María José Ramírez  
Certi-Email