



Inventário de Diatomeas e Crisófitas (*Heterokontophytas*) do córrego Piribebuy no Departamento da Cordillera – Paraguai

Jorge E. Arce Vallejos¹
Melissa Dos Santos²

¹ Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Biología, Laboratorio de Hidrobiología
jorge.arce@facenuna.edu.py
melss2santos@gmail.com

Resumo: Esta pesquisa busca contribuir para o conhecimento da ficoflora do Paraguai, concentrando seu enfoque no córrego Piribebuy, um corpo de água vital para o departamento de Cordillera, sobre o qual, até o momento não existiam informações específicas quanto à sua qualidade ou características biológicas. O levantamento de dados é necessário, considerando que a bacia hidrográfica recebe impacto antropogênico, com uma densidade populacional de 88 hab./km². O objetivo do estudo foi realizar um inventário de diatomáceas e crisófitas do córrego Piribebuy. Para isso, foi conduzido um monitoramento que incluiu três campanhas de coleta (agosto, setembro e outubro de 2022). As amostras qualitativas foram obtidas por meio da filtragem de 50 L de água utilizando redes de plâncton com malha de 50 µm, conservadas em FAA. Foram realizadas fotomicrografias dos gêneros com maior número de espécies registradas. Foram identificadas 102 espécies de algas pertencentes ao grupo *Heterokontophyta*, distribuídas entre as classes *Bacillariophyta*, *Coscinodiscophyta* e *Chrysophyta*. Além disso, contribui-se com 49 registros inéditos para a ficoflora paraguaia.

Palavras-chave: Fitoplâncton; Bioindicadores; Diatomáceas.

Inventario de Diatomeas y Crisofitas (*Heterokontophyta*) del arroyo Piribebuy en el Departamento de Cordillera – Paraguay

Resumen: Esta investigación busca contribuir a la ficoflora del Paraguay, abocando su interés en el arroyo Piribebuy, vital para el departamento de Cordillera, que hasta ahora no se tenía información específica sobre su calidad o característica biológica, lo que es necesario ya que se trata de una cuenca que recibe impacto antrópico de una densidad poblacional de 88 hab./Km². El objetivo fue realizar un inventario de diatomeas y crisófitas del arroyo Piribebuy. Para esto, se realizó un monitoreo que incluyó tres campañas de colecta (agosto, septiembre y octubre de 2022). Se tomaron muestras cualitativas mediante filtración de 50L de agua con redes de plancton de 50 µm que se conservaron con FAA. Se realizaron fotomicrografías de los géneros con mayor número registro de especies. Se identificaron 102 especies de algas para el grupo *Heterokontophyta* (*Bacillariophyta*, *Coscinodiscophyta* y *Chrysophyta*). Asimismo, se contribuye con 49 registros inéditos para la ficoflora paraguaya.

1. Introducción

La mayor parte de los estudios sobre algas en Paraguay se han centrado en taxonomía y el uso de especies bioindicadoras para monitoreo de calidad de agua en ambientes lóticos y leóticos. Por esto, no se conoce con certeza la aproximación de registro de especies, sumado al hecho de que se tiene acceso limitado a muchos informes técnicos de monitoreos ambientales, lo que resulta en una subvaloración de la diversidad ficológica en el país.

Los estudios sobre algas siguen siendo limitados en dos aspectos principales. En primer lugar, hay una escasez de estudios de taxonomía y sistemática, tanto generales como por grupos taxonómicos específicos. En segundo lugar, no se han realizado investigaciones exhaustivas de la composición de la ficoflora en los distintos sistemas acuáticos, ya sean de sistemas lóticos o lenticos, dulces o salobres. Así mismo, otras áreas de estudio, como ecología o aplicaciones biotecnológicas de la ficoflora no son abordados al mismo nivel de interés de otros países de la región.

Existen trabajos publicados de análisis taxonómicos realizados en algunos tramos de los principales sistemas hídricos del Paraguay. Por ejemplo, Benítez (2014), Benítez et al. (2017), Dos Santos et al. (2021) y Weiller et al. (2016), publicaron trabajos de caracterización biológica de ambientes léticos. En el primer trabajo registraron unas 38 especies de algas, en su mayoría Bacillariophytas y Chlorophytas, incluyendo a 4 especies de interés en ecotoxicología: *Aphanocapsa delicatissima*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Microcystis aeruginosa* y *Microcystis flos-aquae*, todas especies de Cyanobacteria. El segundo, trata de un reporte de floración por *Ceratium furcoides* en el Lago Ypacaraí. El tercer trabajo reportó una floración de *Cyanotetras* sp. en un sistema de agua salobre eutrofizado. El último trabajo mencionado reportó 92 especies de algas incluyendo cianobacterias para el mismo lago, contribuyendo con algunos nuevos registros para el sitio.

Meichtry de Zaburlín et al. (2013), reportaron un registro de 200 especies de algas en embalses de la represa Yacyretá. Para el río Negro, que riega el Pantanal paraguayo, se conocen 59 especies de algas microscópicas (Dos Santos, 2015). En “Algas del Paraguay”, se publicó un registro ficológico con 460 especies algales (incluidas las cianobacterias), de colectas realizadas en ambas regiones del país en diferentes sistemas de agua, donde se incluyeron todos los grupos taxonómicos a excepción de Chrysophyta (Dos Santos, 2016). Una revisión realizada por Rosset et al. (2020), arrojó un registro de 893 especies de agua dulce únicamente. A la fecha, Paraguay cuenta con un registro de especies que pertenecen a grupos como: Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cyanophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Miozoa, Ochrophyta y Rhodophyta (Dos Santos, 2016; Albrecht Encina, 2020 y Gali Goiburú, 2022). Apesar de estas contribuciones, los datos aún siguen siendo escasos, especialmente, para los tributarios que componen estas redes hídricas, lo que permitiría una caracterización completa de toda la cuenca, en ambas regiones del país.

Estos trabajos contribuyeron a nivel taxonómico, abordando una revisión amplia, es decir, incluyendo varios grupos ficológicos. Núñez y Dos Santos (2020), publicó un listado de

28 especies de cianobacterias registradas de un estanque artificial, muy importante para su consideración en monitoreos como bioindicadores, además de establecerse como el primer trabajo taxonómico con enfoque específico para algas verde-azules. Una investigación dirigida exclusivamente a Bacillariophyta, cuya finalidad fue realizar un análisis paleolimnológico utilizando diatomeas como bioindicadores, lo publicó Dos Santos (2020), donde se logró un registro de 88 especies identificadas en muestras de los sedimentos colectados del río Salado y Lago Ypacaraí.

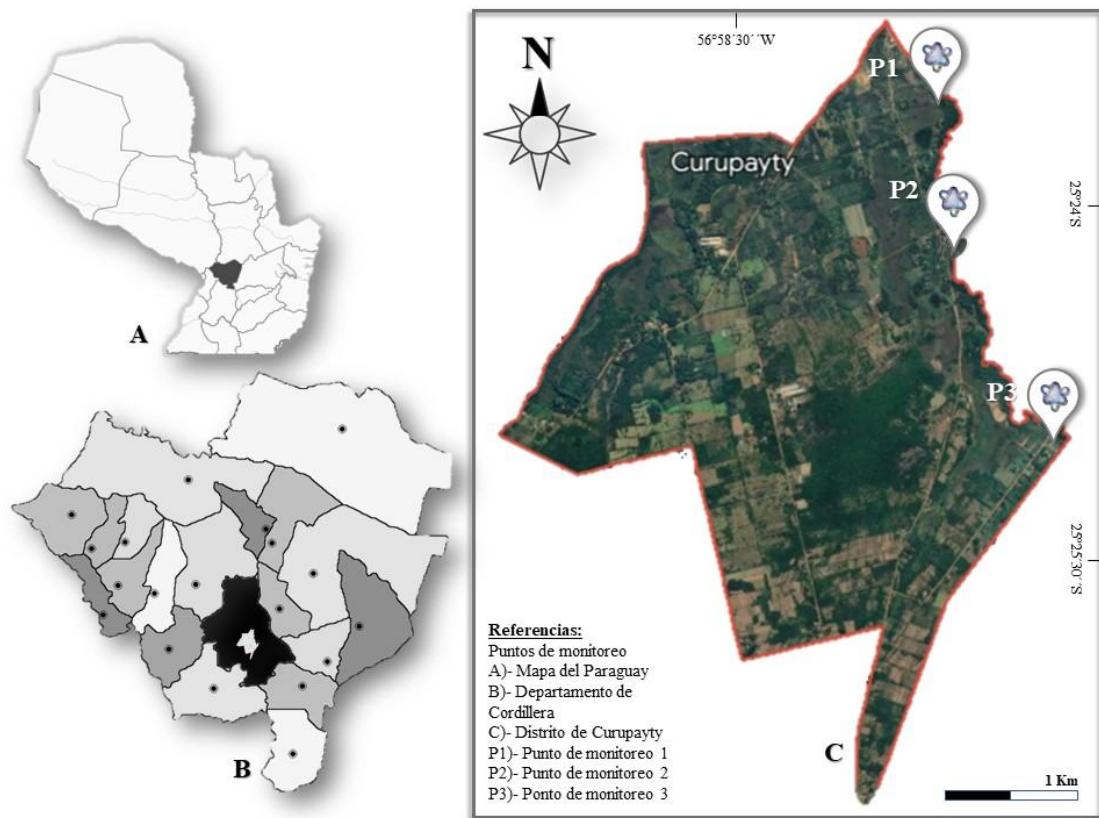
En términos de calidad de agua, el estudio de diatomeas como bioindicadoras, es esencial para la caracterización y manejo de los sistemas de agua, particularmente afectadas por la presión antrópica, sin considerar que las investigaciones son insuficientes en este ámbito. Esto se observa en el arroyo Piribebuy, un tributario del río Piribebuy que a su vez contribuye con la cuenca del río Paraguay. El arroyo recorre el sur del departamento de Cordillera, por lo que recibe el impacto de una población aproximada de 15.000 habitantes, cuyo modelo económico se desarrolla con la producción de caña de azúcar, la mayor producción de alcohol del país, además de la explotación turística. Un estudio llevado a cabo por Esteche et al. (2013), realizó un diagnóstico básico sobre la calidad visual y potabilidad de agua en el río Piribebuy. Este trabajo se considera el más cercano al cauce del arroyo objeto de estudio. Esto genera preocupación, puesto que no existen estudios de caracterización de ningún tipo para el sistema hídrico de interés, sumado al riesgo de inestabilidad en el entorno por causa del impacto antrópico.

Este trabajo contribuye con un inventario de la composición de la comunidad de diatomeas (*Heterokontophytas*) de un tramo del arroyo Piribebuy. Esto constituye una base para monitoreos y planes de manejo para este ambiente.

2. Materiales y métodos

En los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2022, se llevaron a cabo tres campañas de monitoreo en el transcurso de la temporada seca. En un tramo del arroyo Piribebuy (Figura 1), situado en el departamento de Cordillera, se fijaron tres puntos de colecta: P1 (-25,391608 S -56,964703 W) más cercana a la ruta internacional PY 02, P2 (-25,401920S -56,963450W) ambiente boscoso y P3 (-25,416723S -56,964676W) rodeado de algunas granjas.

Figura 1: Vista satelital de los puntos de monitoreo P1, P2 y P3 sobre las márgenes del arroyo Piribebuy. Google Landsat 2024.



En esta investigación cualitativa se realizó utilizando muestras filtradas de 50 L, que se obtuvieron mediante redes de plancton de aproximadamente 50 μm de diámetro de malla de poliamida – nylon 100%. Las muestras fueron envasadas en frascos de plástico blanco, luego de ser fijadas con 2 mL FAA (formol 5%, alcohol 90% y ácido acético 5%) por cada 250 mL de muestra. Para las fotomicrografías las muestras fueron homogeneizadas mediante agitación durante un minuto para garantizar la representatividad de cada submuestra observada con microscopio óptico de campo claro ZEISS. Se realizaron observaciones de al menos 10 láminas por cada muestra con la técnica de observación de barrido en zig-zag. Con una cámara integrada al microscopio AnsCope 5.1MP se realizaron registros fotomicrográficos. Para las ediciones de las fotomicrografías se utilizó el programa Adobe Photoshop Lightroom. Las herramientas del programa que se utilizaron fueron: nitidez, contraste e iluminación, corrección de posición del ejemplar y corte.

Para la identificación de las especies se han utilizado claves de identificación específicas como: Bicudo y Menezes (2006); Metzeltin y Lange-Bertalot (2007); Metzeltin, Lange-Bertalot y García-Rodriguez (2005); Prygiel y Coste (2000); Yacubson (1974); Zalocar de Domitrovic

y Maidana (1997). Además, se utilizó la base de datos mundial AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2023) y claves generales: Dos Santos (2016); Streble y Krauter (1987).

3. Resultados y discusión

Fueron identificados 102 taxones correspondientes del grupo Heterokontophytas (Figura 3 y 4; Tabla 1). Para las tres campañas de colecta en el arroyo Piribebuy, se ha registrado un elevado nivel de riqueza para los géneros de *Pinnularia* Ehrenberg (27 especies), *Eunotia* Ehrenberg (14 especies) y *Surirella* Turpin (9 especies), representando el 26.47%, 13.73% y 8,82% respectivamente del total de los géneros listados para el arroyo Piribebuy. Llevando a cabo una comparativa con los registros por Dos Santos (2016), se encuentran 8 especies coincidentes para cada género mencionado. En el mismo trabajo se registra un total de 460 especies de algas para Paraguay, de las cuales, 135 corresponden a la división Heterokontophyta. Todas las especies identificadas en esta jerarquía taxonómica se agrupan en las clases Bacillariophyta (97% de las especies), Coscinodiscophyta (2%) y Chrysophyta (1%).

Tabla 1: Registro de especies Heterokontophytas del arroyo Piribebuy durante la temporada seca.

Nº	División	Especie	Agosto			Septiembre			Octubre			N.R*
			P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	
1	Heterokontophytas	<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow 1862	x						x			
2		<i>Amphipleura</i> sp. Kützing	x									
3		<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844			x							x
4		<i>Campylodiscus</i> sp. (?) Ehrenberg ex Kützing, 1844							x			x
5		<i>Cymbella lanceolata</i> (C.Agardh) Kirchner	x	x	x		x			x		
6		<i>Desmogonium ossiculum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	x									x
7		<i>Desmogonium</i> sp. Ehrenberg, 1848			x							
8		<i>Diploneis puella</i> (Schumann) Cleve			x							
9		<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) DGMann	x	x	x							
10		<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt				x						
11		<i>Eunotia bidens</i> Ehrenberg 1843			x							
12		<i>Eunotia braunii</i> Hustedt 1952				x						
13		<i>Eunotia clavata</i> Hustedt ex Simonsen 1987					x					x
14		<i>Eunotia cf. dydima</i> Grunow	x									x
15		<i>Eunotia cf. veroformosa</i> Metzeltin & Lange-Bertalot 2007				x						x
16		<i>Eunotia didyma</i> Grunow		x			x		x			
17		<i>Eunotia garciarodriguezii</i> Metzeltin & Lange-Bertalot		x			x		x			
18		<i>Eunotia hillae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot								x	x	

19	<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst 1864	x		x			x
20	<i>Eunotia</i> sp. Ehrenberg		x	x	x	x	
21	<i>Eunotia ventriosa</i> Patrick				x		
22	<i>Eunotia xystiformis</i> Manguin 1952			x			x
23	<i>Eunotia yanomami</i> Metzeltin & Lange-Bertalot 1998					x	
24	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830	x					
25	<i>Fragilaria</i> sp. Lyngbye		x			x	
26	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot 1980			x			x
27	<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W.Smith) Lange-Bertalot & Krammer 1996		x				x
28	<i>Frustulia</i> cf. <i>ellipticolanceolata</i> Casa, Mataloni & Van de Vijver	x	x				x
29	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni 1891	x		x			
30	<i>Frustulia</i> cf. <i>rhomboidea</i> (Ehrenberg) De Toni 1891		x				x
31	<i>Frustulia</i> cf. <i>undosa</i> Metzeltin & Lange-Bertalot			x	x		x
32	<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg					x	
33	<i>Gomphonema</i> cf. <i>augur</i> Ehrenberg					x	
34	<i>Gomphonema</i> cf. <i>clavatum</i> Ehrenberg		x				x
35	<i>Gomphonema guaraniarum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot				x		
36	<i>Gomphonema</i> sp. Ehrenberg	x	x			x	
37	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	x	x	x	x		
38	<i>Gyrosigma</i> cf. <i>acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst		x	x			
39	<i>Gyrosigma</i> cf. <i>eximum</i> (Thwaites) Boyer	x					
40	<i>Gyrosigma nodiferum</i> (Grunow) Reimer		x				x
41	<i>Gyrosigma</i> sp. Hassall, 1845		x				
42	<i>Hantzschia virgata</i> (Roper) Grunow 1880					x	x
43	<i>Hydrosera triquetra</i> Wallich 1858	x	x			x	x
44	<i>Melosira varians</i> C.Agardh 1827	x	x	x	x	x	
45	<i>Navicula cuspidata</i> (Kutzing) Kutzing		x	x	x		x
46	<i>Navicula</i> sp. Bory, 1822		x	x	x		x
47	<i>Neidium</i> sp. Pfitzer, 1871	x					
48	<i>Nitzschia</i> cf. <i>dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst				x		x
49	<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith 1853			x			
50	<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow 1880		x				
51	<i>Nitzschia paleaeformis</i> Hustedt 1950					x	
52	<i>Nitzschia</i> cf. <i>sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith 1853		x				x
53	<i>Nitzschia</i> sp. Hassall, 1845	x	x	x	x		x
54	<i>Pinnularia aquenigrae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot 2007			x			
55	<i>Pinnularia baculus</i> Metzeltin & Lange-Bertalot			x			

56	<i>Pinnularia cardinaliculus</i> Cleve	x			x	x
57	<i>Pinnularia</i> cf. <i>borealis</i> Ehrenberg 1843	x			x	x
58	<i>Pinnularia</i> cf. <i>brebossonii</i> (Kützing) Rabenhorst			x	x	
59	<i>Pinnularia</i> cf. <i>flexuosa</i> Cleve 1895			x	x	x
60	<i>Pinnularia</i> cf. <i>guadalupensis</i> Manguin		x	x		x
61	<i>Pinnularia</i> cf. <i>huckiae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	x		x		x
62	<i>Pinnularia</i> cf. <i>microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	x	x			
63	<i>Pinnularia</i> cf. <i>permontana</i> Krammer & Metzeltin 1998		x			x
64	<i>Pinnularia</i> cf. <i>pseudoswazi</i> Ehrenberg		x			x
65	<i>Pinnularia</i> cf. <i>rupestris</i> Hantzsch 1861				x	x
66	<i>Pinnularia</i> cf. <i>silviasalae</i> Metzeltin	x				x
67	<i>Pinnularia</i> cf. <i>subgibba</i> Krammer 1992	x			x	
68	<i>Pinnularia</i> cf. <i>viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843	x				x
69	<i>Pinnularia domingensis</i> var. <i>ambigua</i> Metzeltin & Lange-Bertalot 2007				x	x
70	<i>Pinnularia domingensis</i> (Cleve) Hustedt 1934	x				x
71	<i>Pinnularia flamma</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve 1895	x	x	x		x
72	<i>Pinnularia flexuosa</i> Cleve 1895		x	x		x
73	<i>Pinnularia lundii</i> Hustedt 1954				x	x
74	<i>Pinnularia mayor</i> (Kützing) Rabenhorst 1853	x				x
75	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve		x	x		
76	<i>Pinnularia roland-schmidti</i> Metzeltin & Lange-Bertalot					x
77	<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch 1861				x	x
78	<i>Pinnularia</i> sp. Ehrenberg, 1843	x	x	x	x	x
79	<i>Pinnularia torganae</i> Metzeltin & Krammer			x		x
80	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843		x			
81	<i>Placoneis placentula</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky				x	
82	<i>Placoneis</i> sp. Mereschkowsky, 1903			x		x
83	<i>Planothidium</i> sp. Round & Bukhtiyarova, 1996	x				x
84	<i>Sellaphora tenerrima</i> Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998	x				x
85	<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg 1843	x				x
86	<i>Surirella guatimalensis</i> Ehrenberg 1854			x	x	x
87	<i>Surirella lacrimula</i> J.D.English 2012	x				x
88	<i>Surirella linearis</i> var. <i>constricta</i> Grunow 1862	x				
89	<i>Surirella linearis</i> var. <i>helvetica</i> (Brun) F.Meister 1912				x	x
90	<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	x	x	x	x	x
91	<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1834	x	x	x	x	x

92	<i>Surirella</i> sp. Turpin		x		x	x	x	
93	<i>Surirella tenera</i> W. Gregory 1856	x			x	x	x	
94	<i>Synura uvella</i> Ehrenberg 1834		x				x	
95	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing 1844	x	x					
96	<i>Tabellaria flocculosa</i> (?) (Roth) Kützing 1844		x					x
97	<i>Ulnaria</i> cf. <i>goulandii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow		x	x				x
98	<i>Ulnaria</i> sp. (Nitzsch) Compère	x	x		x	x	x	
99	<i>Ulnaria tortuosa</i> (?) D.M.Williams & Metzeltin 2004		x					x
100	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1832	x	x	x	x	x	x	
101	<i>Ulnaria ungeriana</i> (Grunow) Compère 2001		x					x
102	<i>Ulnaria</i> sp. (?) Ehrenberg		x					x
102 especies en total		20	31	31	28	14	12	49

N. R: Nuevo registro. P1: Punto de monitoreo 1. P2: Punto de monitoreo 2. P3: Punto de monitoreo 3.

Tabla 2: Frecuencia de aparición en porcentaje de los géneros durante los meses de agosto, septiembre y octubre del 2022.

Frecuencia de aparición de géneros de las tres campañas					
División	Género	Agosto	Setiembre	Octubre	Total
Heterokontophytas	<i>Amphipleura</i>	1,96	0	0,98	1,96
	<i>Amphora</i>	0	0,98	0	0,98
	<i>Campylodiscus</i>	0	0	0,98	0,98
	<i>Cymbella</i>	1,96	1,96	0,98	0,98
	<i>Desmogonium</i>	0,98	0,98	0	1,96
	<i>Diploneis</i>	0	0,98	0	0,98
	<i>Encyonema</i>	1,96	0,98	0	0,98
	<i>Eunotia</i>	4,90	10,78	4,90	13,73
	<i>Fragilaria</i>	1,96	0,98	0,98	2,94
	<i>Frustulia</i>	4,90	2,94	0	4,90
	<i>Gomphonema</i>	2,94	0,98	2,94	4,90
	<i>Gyrosigma</i>	5,88	2,94	0	4,90
	<i>Hantzschia</i>	0	0	0,98	0,98
	<i>Hydrosera</i>	1,96	0	1,96	0,98
	<i>Melosira</i>	1,96	1,96	0,98	0,98
	<i>Navicula</i>	3,92	1,96	0,98	1,96
	<i>Neidium</i>	0,98	0	0	0,98
	<i>Nitzschia</i>	3,92	2,94	2,94	5,88
	<i>Pinnularia</i>	17,65	11,76	11,76	26,47
	<i>Placoneis</i>	0	1,96	0	1,96
	<i>Planothidium</i>	0,98	0	0	0,98

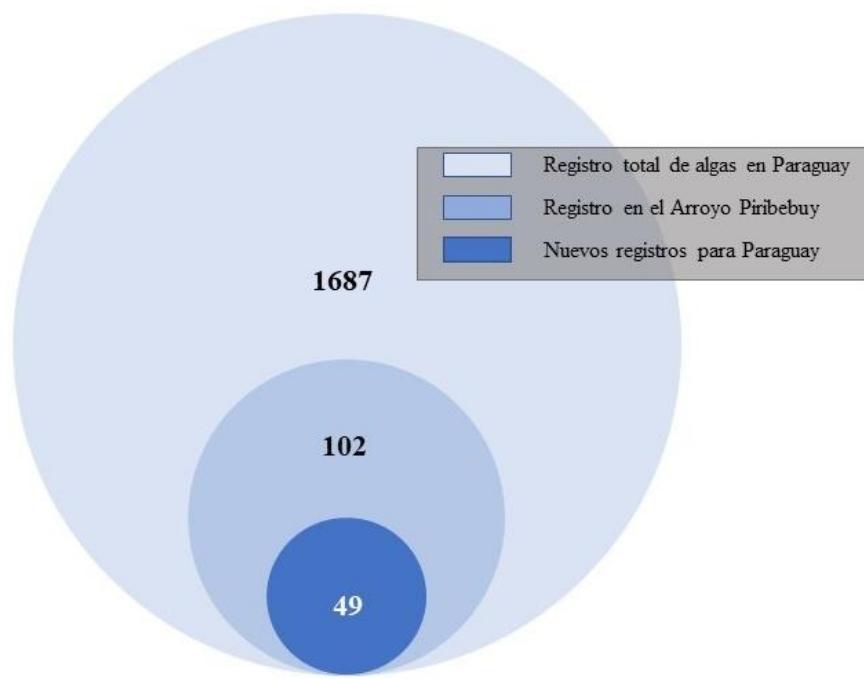
<i>Sellaphora</i>	0,98	0	0	0,98
<i>Surirella</i>	7,84	4,90	9,80	8,82
<i>Synura</i>	0,98	0	0,98	0,98
<i>Tabellaria</i>	2,94	0	0	1,96
<i>Ulnaria</i>	8,82	2,94	5,88	5,88

Fórmula utilizada para la elaboración de la tabla 2:

$$F = (n * 100)/T$$

Donde F : frecuencia porcentual, n : cantidad de especies registradas por género y T : cantidad total de especies registradas en el arroyo Piribebuy.

Figura 2: Representación gráfica de los registros de algas en Paraguay, con respecto al inventario realizado en el arroyo Piribebuy y los nuevos registros para el país.



Una revisión realizada por Rosset et al. (2020), sobre la diversidad algal del Paraguay, recopila 211 especies para la clase Bacillariophyta (actualmente incluida en Heterokontophyta) de un total de 893 taxones. No obstante, no se pudo realizar una comparación específica entre especies con este trabajo ya que no incluye una lista completa. Basado en una revisión actual de los registros en Paraguay se tiene un aproximado de 1200 especies de algas, incluyendo las divisiones de Charophytas, Chlorophytas, Chrysophytas, Cyanobacterias, Dinoflagellata, Euglenophytas, Chryptista y Heterokontophytas que cuenta con 484 especies registradas (Tell y

Zalokar, 1978; Benítez et al., 2014; Dos Santos, 2015; Dos Santos, 2016; Dos Santos et al., 2017; Núñez y Dos Santos, 2020 y Appleyard et al., 2022). El 21% de estas especies se identificaron en el arroyo Piribebuy, incluyendo los nuevos registros (Figura 2).

Durante los meses de agosto y octubre, correspondientes a la primera y tercera campaña, respectivamente, se registran especies representantes de las clases Bacillariophyta, Coscinodiscophyta y Chrysophyta. En comparación con los registros obtenidos en la segunda campaña asignada al mes de setiembre, no se han encontrado especies para la clase Chrysophyta.

En un trabajo realizado por Zalocar de Domitrovic y Maidana (1997), que se enfoca en el análisis de cuerpos de agua en la región del río Paraná con especial énfasis en la influencia de las fluctuaciones del nivel del agua en la composición y dinámica del fitoplancton menciona que los géneros *Pinnularia* y *Surirella* son indicadores de aguas con niveles moderados de nutrientes y de calidad relativamente buena. *Eunotia* es otro de los géneros de diatomeas mencionados como uno de los más comunes en ambientes con turbidez y mayor presencia de nutrientes orgánicos. Este género en particular presenta un elevado nivel de sensibilidad a las variaciones de calidad de agua, lo que indica que actúa como un indicador de cambios en el ambiente por causa de la contaminación orgánica.

La ocurrencia de especies asociadas de los géneros *Pinnularia*, *Eunotia* y *Surirella*, agrupadas con géneros menos diversos (en el arroyo Piribebuy) como *Ulnaria*, *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Frustulia* nos indica aguas de Clase II o β-mesosaprobia a Clase I oligosaprobia, lo que significa que son aguas que se encuentran en un nivel de contaminación bajo o apenas contaminado (Streble & Krauter, 1987). Según la agencia de agua de Francia (Prygiel & Coste, 2000), considera que una asociación similar corresponde a aguas de calidad excelente, lo que, en términos de diagnóstico colorimétrico corresponde al color azul (considerando que rojo es mala calidad, naranja es mediocre, amarillo es pasable y verde es bueno).

En las Figuras 3 y 4 se observan algunas de las especies listadas más representativas del grupo Heterokontophytas. Dentro de este grupo se registran 17 familias comprendidas en 102 especies. En la Figura 5 se observan las especies de identificación incierta. El objetivo de mostrar los especímenes es mantener abierta la posibilidad de que puedan ser comparados y analizados.

Figura 3: 1-2.1. *Cymbella lanceolata*. 3. *Eunotia clavata*. 4. *Eunotia hillae*. 5. *Eunotia yanomami*. 6. *Frustulia crassinervia*. 7-8. *Frustulia rhomboides*. 9-10.1. *Surirella robusta*. 11. *Surirella linearis* var. *helvetica*. 12. *Surirella guatimalensis*. 13-14. *Synura uvella*. 15-16. *Ulnaria ulna*. 17-18. *Hydrosera triquetra*. Barra de escala: 10 µm.

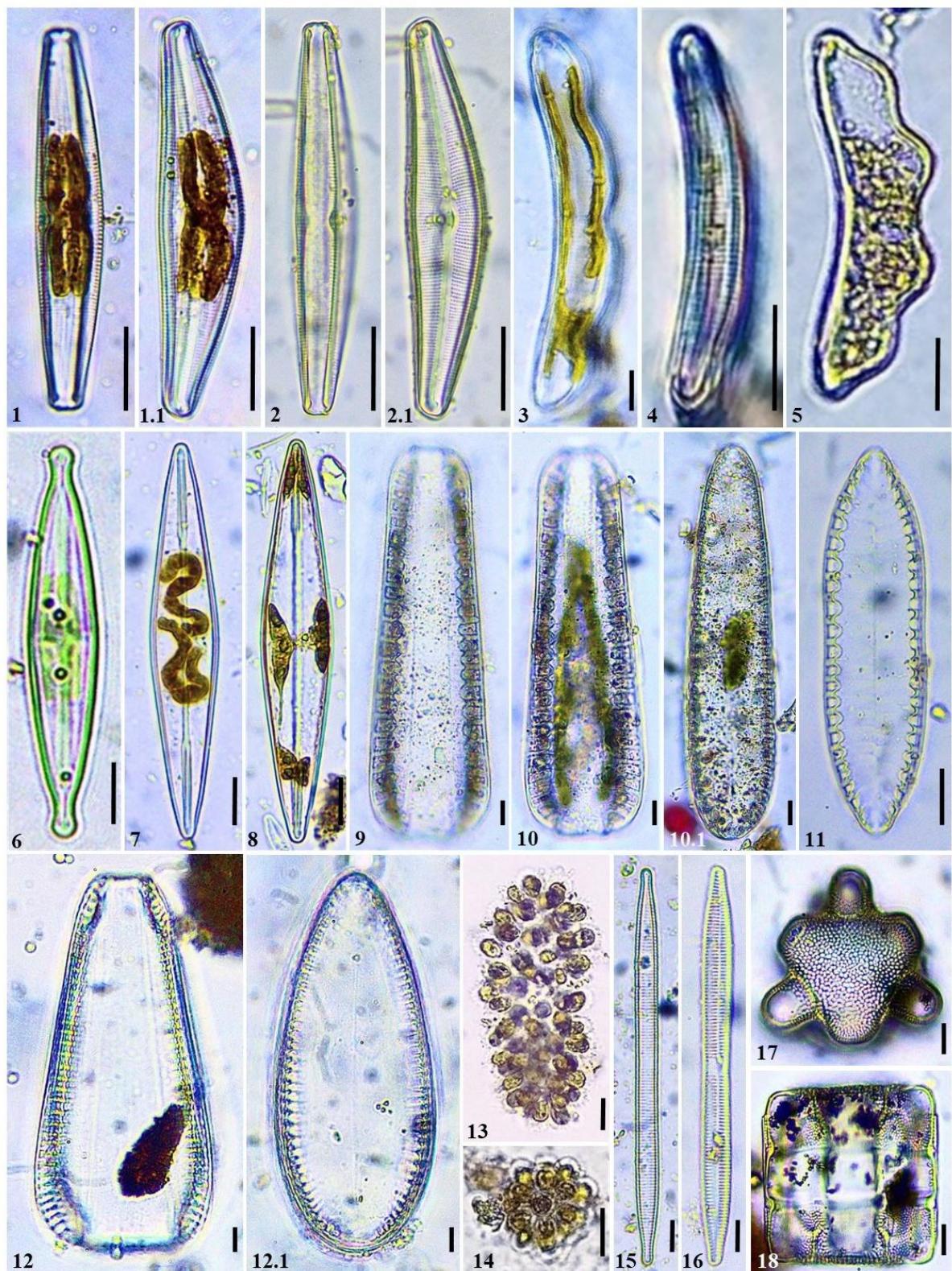


Figura 4: 19. *Pinnularia aquaenigrae*. 20. *Pinnularia cardinaliculus*. 21. *Pinnularia domingensis*. 22-23. *Pinnularia flamma*. 24. *Pinnularia mayor*. 25-25.1. *Pinnularia roland-schmidtii*. 26-26.1. *Pinnularia microstauron*. 27-28. *Pinnularia viridis*. 29-30. *Pinnularia cf. guadalupensis*. 31. *Pinnularia torganiae*. 32. *Pinnularia cf. permontana*. Barra de escala: 10 µm.



Figura 5: 33. *Campylodiscus* sp. (?). 34-34.1-34.2. *Tabellaria flocculosa* (?). 35. *Ulnaria tortuosa* (?). 36. *Ulnaria* sp. (?). Barra de escala: 10 µm.



4. Conclusión

En esta investigación se catalogaron 102 especies de la división Heterokontophyta para el arroyo Piribebuy, de los cuales 49 son nuevos registros de diatomeas para la lista de algas del Paraguay. El 97% de este grupo pertenecen a la clase de Bacillariophyta. Los géneros *Hydrosera* Wallich y *Melosira* C.Agardh son los únicos representantes para la clase Coscinodiscophyta. Por otra parte, *Synura uvella* es la única especie que representa a la clase Chrysophyta. La mayor riqueza se concentra en los géneros *Pinnularia* Ehrenberg, *Eunotia*

Ehrenberg y *Surirella* Turpin con el 26.47%, 13.73% y 8,82% de especies identificadas, respectivamente.

Considerando los géneros de mayor riqueza y su asociación con los géneros que conforman la comunidad de Heterokontophytas del arroyo Piribebuy, nos indica que las aguas de este sistema lótico son de Clase I a II (oligosaprobía a β-mesosaprobía), lo que sugiere un nivel de contaminación bajo.

Referencias

- ALBRECHT ENCINA, M. L. (2020). Diversidad fitoplanctónica como indicador de calidad de agua en subembalses de la represa de Yacyretá, Departamento Itapúa, Paraguay. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Itapúa]. Recuperado de https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Monica_Albrecht_Tesis.pdf
- APPLEYARD, S. L.; GALEANO, A. M.; DOS SANTOS, E. M. (2016). Diversity and dominance in bird assemblages across habitats in the Neembucú wetlands complex, Paraguay. *Rojasiana*, 45(2), 123-135.
- BENITEZ, G.; NAKAYAMA, H.; MOURA, J.; FRANCO, G.; ACOSTA, R.; RAMÍREZ, L. (2014). Caracterización biológica del Arroyo San Lorenzo en el tramo del Campus Universitario-UNA. *Steviana*, 6, 36-49. Recuperado de <https://revistascientificas.una.py/index.php/stevia/article/download/1270/1257/2346>
- BENITEZ, G.; DOS SANTOS, M.; NÚÑEZ, A.; VILLALBA, G.; ÁVALOS, C.; ARAUJO, C.; ACOSTA, R.; ESCOBAS, A.; ARENAS, R.; ASTIGARRAGA, O.; PERALTA, I. (2017). Primer reporte de floración por *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans en el Lago Ypacaraí – Departamento Central, Paraguay. *Steviana*, 9(2), 26-35. Recuperado de <https://revistascientificas.una.py/index.php/stevia/article/view/1202/1195>
- BICUDO, C. E.; MENEZES, M. (2006). Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições. RiMa Editora.
- DOS SANTOS, E. M.; RODRIGUES, E. H. C.; et al. (2015). Caracterización ecológica y análisis del fitoplancton en embalses tropicales de Brasil. *Revista Ambiente & Agua*, 14(5), e2428.
- DOS SANTOS, M. (2016). Atlas “Algas del Paraguay”- Características generales, importancia, muestreos en Paraguay, clave de identificación e ilustraciones. 1^a Edición. Dirección de Investigaciones, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Asunción. Ciudad Universitaria, San Lorenzo – Paraguay. Recuperado de https://www.agr.una.py/Difusion/imagen/promociones/190517/atlas_algas_paraguay.pdf
- DOS SANTOS, E. M.; RODRIGUES, E. H. C.; et al. (2017). Efectos del zooplancton y los nutrientes sobre el fitoplancton: un análisis experimental en un reservorio tropical eutrófico. *Revista Brasileira de Biología*, 77(4), 711-719.

DOS SANTOS, M. (2020). Especies Diatomológicas - Algas de muestras paleolimnológicas de río Salado y lago Ypacaraí - Paraguay. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Asunción. Ciudad Universitaria, San Lorenzo – Paraguay. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/342877349_Especies_diatomologicas_-_Algas_de_muestras_paleolimnologicas_de_Rio_Salado_y_Lago_Ypacarai_-_Paraguay

DOS SANTOS, M.; MOREL, R.; ÁVALOS, C.; MÉNDEZ, M.; BENÍTEZ, G. (2021). Floraciones de Cianotetras sp. en cuerpos de aguas salobres eutrofizados del Paraguay durante el 2020. Steviana, 13(1), 13-24. Recuperado de <https://revistascientificas.una.py/index.php/stevia/article/view/3048/2635>

ESTECHE, G.; SOSA, D.; YALUFF, Y.; IBARRA, J. E.; INSFRÁN, A. (2013). Caracterización de nacientes de la cuenca del Río Piribebuy. Investigación Agraria, 7(2), 71–75. Recuperado de <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/128>

GALI GOIBURÚ, S. S. (2022). Caracterización fitoplanctónica del río Confuso en el tramo de Benjamín Aceval, Departamento de Presidente Hayes, Paraguay [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Asunción].

GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. (2023). AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. Recuperado de <https://www.algaebase.org>

MEICHTRY DE ZABURLÍN, N.; VOGLER, R.; LLANO, V.; MARTENS, I. (2013). Fitoplancton del embalse Yacyretá (Argentina-Paraguay) a una década de su llenado. Revista Mexicana de Biodiversidad, 84, 225-239. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v84n1/v84n1a14.pdf>

METZELTIN, D.; LANGE-BERTALOT, H.; GARCÍA-RODRIGUEZ, F. (2005). Diatoms of Uruguay. Compared with other taxa from South America and elsewhere. A.R.G. Gantner Verlag K.G.

METZELTIN, D.; LANGE-BERTALOT, H. (2007). Diatomeas tropicales de Sudamérica II. Iconographia Diatomológica. Annotated Diatom Micrographs. A.R.G. Gantner Verlag K.G.

NÚÑEZ, A.; DOS SANTOS, M. (2020). Cyanophytas del estanque artificial de la Facen. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de Asunción. Ciudad Universitaria, San Lorenzo – Paraguay. 72 pp. Recuperado de <https://www.facen.una.py/wp-content/uploads/2020/05/CyanoVERSION-FINAL-2020.pdf>

PRYGIEL, J.; COSTE, M. (2000). Guide Méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées. Agence de l'Eau Artois-Picardie.

ROSSET, V.; RODRIGUES, E.; WILANDER, L.; RAMOS, M.; DOS SANTOS, M.; KAVESKI, C. (2020). Brechas y desafíos en el conocimiento de la biodiversidad algal en Paraguay. Phycologia, 59(6), 571-577. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00318884.2020.1830597>

STREBLE, H.; KRAUTER, D. (1987). Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua. Ediciones Omega S.A.

TELL, G.; ZALOKAR, M. W. (1978). Producción primaria y dinámica del fitoplancton en un estuario templado. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 6(6), 645-656.

[https://doi.org/10.1016/0302-3524\(78\)90073-0](https://doi.org/10.1016/0302-3524(78)90073-0)

WEILLER, A.; NÚÑEZ, K.; AIRALDI, K.; CABALLERO, A.; BAUER, F.; DOS SANTOS, M.; LÓPEZ BUENO, D. F.; CAROSINI, A.; CARDozo, R.; PÉREZ, P. A. (2016). Las aguas del lago Ypacaraí: análisis a través de bioindicadores. *Revista de Ciencias Naturales*, 9(1), 1-10.

YACUBSON, S. (1974). Catálogo de Iconografía de las Chlorophytas de Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas 126. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela.

ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y.; MAIDANA, N. I. (1997). Taxonomic and ecological studies of the Paraná River diatom flora (Argentina). Berlín, Alemania: J. Cramer.