



Diatomeas del arroyo San Lorenzo (Paraguay): diversidad, nuevos registros y una mirada a su ecología urbana

Diatoms from the San Lorenzo stream: diversity, new records and insights into their urban ecology

Evelyn Leticia Talavera Brítez^{1,2,*}, Patricia Anahí Sánchez Díaz^{1,3} y Melissa Dos Santos^{1,4}

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Carrera de Biología, Laboratorio de Hidrobiología, San Lorenzo, Paraguay

²E-mail: leticiatalavera7@gmail.com. ³E-mail: anahi16patri@gmail.com. ⁴E-mail: melss2santos@gmail.com.

*Autor para correspondencia.

Resumen: Las algas microscópicas desempeñan un papel crucial en los ecosistemas acuáticos, al ser responsables de una parte significativa de la producción primaria y contribuir al mantenimiento del equilibrio ecológico. Dentro de este grupo, las diatomeas destacan por su diversidad y su capacidad para adaptarse a una amplia gama de condiciones ambientales. Este estudio se realizó en una región subtropical de América del Sur, donde se llevaron a cabo monitoreos durante otoño, invierno y primavera de 2022 en un tramo del arroyo San Lorenzo, departamento Central – Paraguay. El arroyo se encuentra adyacente a una ciclovía de la ciudad de San Lorenzo con una alta densidad poblacional que impacta sobre el tramo hídrico. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la comunidad de diatomeas de las clases Bacillariophyceae, Mediophyceae y Coscinodiscophyceae en este cuerpo de agua, explorar su ecología y evaluar su impacto en el ecosistema local. Las muestras se colectaron utilizando una red de plancton con un diámetro de malla de 50 µm, y fueron conservadas en frascos de plástico con una solución de FAA, mientras que algunas se analizaron en estado fresco. En total, se identificaron 97 especies de diatomeas, distribuidas en 18 familias y 25 géneros. Los géneros *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Pinnularia* fueron los más diversos, con 23, 15 y 9 especies, respectivamente.

Palabras clave: algas, diatomeas, ecología, arroyo.

Abstract: Microscopic algae play a crucial role in aquatic ecosystems, being responsible for a significant part of primary production and contributing to the maintenance of ecological balance. Within this group, diatoms stand out for their diversity and their ability to adapt to a wide range of environmental conditions. This study was conducted in a subtropical region of South America, where monitoring was carried out during autumn, winter and spring of 2022 in a section of the San Lorenzo stream, Central Department - Paraguay. The stream is adjacent to a bike path in the city of San Lorenzo with a high population density that impacts the stream. The objective of the present work was to characterize the diatom community of the classes Bacillariophyceae, Mediophyceae and Coscinodiscophyceae in this water body, explore their ecology and evaluate their impact on the local ecosystem. Samples were collected using a plankton net with a mesh diameter of 50 µm, and were preserved in plastic bottles with a solution of FAA, while some were analyzed in a fresh state. In total, 97 diatom species were identified, distributed in 18 families and 25 genera. The genera *Nitzschia*, *Gomphonema* and *Pinnularia* were the most diverse, with 23, 15 and 9 species, respectively.

Keywords: algae, diatoms, ecology, stream.

Las diatomeas (Bacillariophyceae, Mediophyceae y Coscinodiscophyceae) constituyen uno de los grupos más diversos y ecológicamente relevantes de las algas microscópicas de aguas continentales. Adicionalmente, su papel en la producción primaria, su rápida respuesta a variaciones fisicoquímicas del agua, las con-

vierte en valiosos bioindicadores de la calidad del agua y estado ecológico de los ecosistemas acuáticos (Martin y de los Reyes, 2012; Estrada *et al.*, 2018).

Los estudios sobre la flora diatomológica de Paraguay, siguen siendo limitados en comparación con otros países sudamericanos.



Hasta el momento se han reportado alrededor de 1200 especies de algas y cianobacterias de las cuales al menos un 35 % corresponden a diatomeas (Dos Santos, 2016; Rosset *et al.*, 2020). Sin embargo, la información publicada sobre composición y ecología de comunidades de diatomeas en cuerpos de agua específicos es aún escasa, con pocos estudios enfocados en arroyos urbanos (Benítez Rodas *et al.*, 2014).

El arroyo San Lorenzo está situado en el área metropolitana de Asunción, atraviesa una de las zonas más densamente pobladas del país. Su cauce recibe descargas de origen doméstico e industrial, además de un aporte constante de residuos sólidos y aguas servidas debido a la falta de infraestructura adecuada para el manejo de efluentes (Salinas Franco *et al.*, 2021). A pesar de los antecedentes sobre la contaminación en este sistema, no existen registros detallados de su comunidad de diatomeas.

Considerando la relevancia de las diatomeas como bioindicadores y la ausencia de estudios específicos en este arroyo urbano, el presente trabajo tuvo por objetivo caracterizar la comunidad de diatomeas del arroyo San Lorenzo, describir su diversidad y ecología, así como

analizar su potencial como indicadores del estado ambiental local.

Materiales y métodos

Área de estudio

Para el propósito de este trabajo, se tomaron muestras del arroyo San Lorenzo, ubicado en la ciudad homónima dentro del área metropolitana de Asunción – Paraguay. El sistema de agua se encuentra en la región subtropical sudamericana, forma parte de una cuenca que abarca aproximadamente 79 km², incluyendo aguas superficiales y subterráneas, nace en el barrio Barcequillo y desemboca en el arroyo Yukyry (Benítez Rodas *et al.*, 2014).

Se seleccionó un tramo de 800 m con 4 puntos de muestreo (P1 - P4), distribuidos cada 200 metros aproximadamente (Fig. 1). El punto P1 (25,341036°S 57,516806°W; 125 msnm) se ubica aguas arriba de una fábrica de embutidos. El punto P2 (25,339428°S 57,513999°W; 115 msnm) corresponde a la zona de descarga de dicha fábrica. El punto P3 (25,338989°S 57,512371°W; 273 msnm) se ubica en la desembocadura de un cauce menor de agua cercano al Polideportivo Municipal de San Lorenzo. Finalmente, el punto P4 (25,337998°S 57,512911°W;

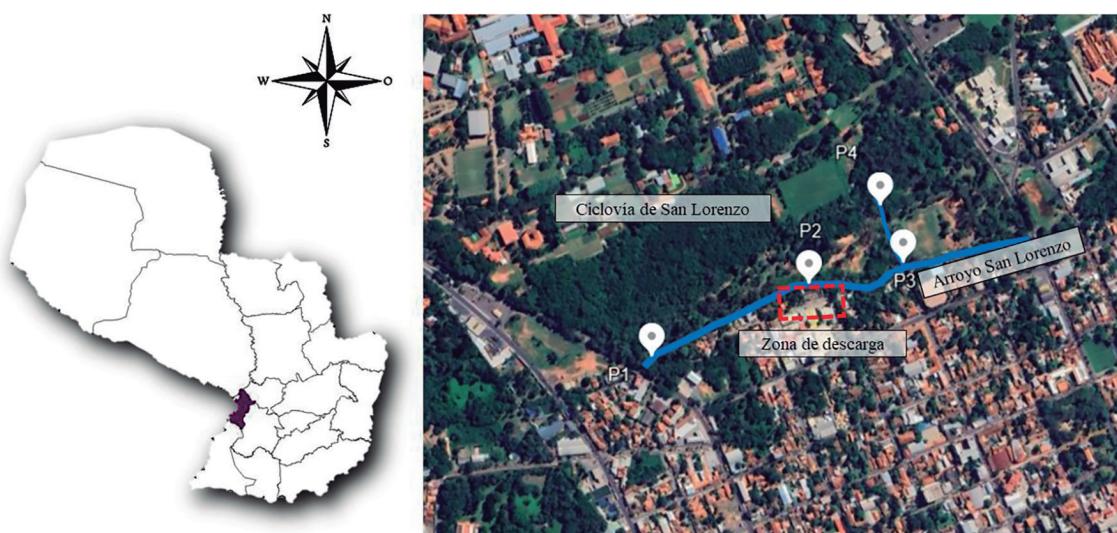


Figura 1. Mapa con los puntos de muestreo P1, P2, P3 y P4 en el Arroyo San Lorenzo (Fuente de la imagen: Google Landsat).

118 msnm) corresponde al afluente que cruza la ciclovía y se une al arroyo en el punto P3.

El sitio de estudio se caracteriza por ser un área densamente poblada (aproximadamente 261.000 de habitantes; INE, 2022), y por la alta presión por aportes de desechos orgánico e inorgánicos de origen doméstico. Estudios previos reportaron elevados niveles de nitratos, fosfatos, metales pesados y coliformes fecales principalmente (Salinas Franco *et al.*, 2021). Adicionalmente, un estudio diagnóstico, basado en la Resolución N° 222/02 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, resalta que las aguas del arroyo San Lorenzo no son aptas para el consumo humano (Benítez Rodas *et al.*, 2014).

Colecta de muestras

Se realizaron tres campañas de muestreo en el año 2022, con tres meses de diferencia. La primera campaña se realizó en abril (otoño), la segunda en julio (invierno) y la tercera en octubre (primavera). Para la colecta de muestras se utilizó una red de plancton de 20 cm de diámetro, 30 cm de longitud y 50 μm de diámetro de apertura de malla (nylon: poliamida 100%), por lo que se excluyeron para este estudio organismos nanoplancónicos y del microplancton menores a 50 μm .

Las muestras fueron conservadas en frascos de plástico de 250 mL, a los que se adicionó 2 mL de conservante FAA (formalina 90 mL, alcohol de 96% 5 mL y ácido acético 5 mL). Se analizaron, además, muestras en fresco.

Análisis taxonómico

Las muestras cualitativas fueron sometidas a 30 s de agitación para ser homogeneizadas y montadas en portaobjetos para su observación bajo un microscopio óptico de campo claro Zeiss. Se realizaron barridos sistemáticos en zig-zag en diez láminas por cada muestra, lo que permitió evaluar la riqueza de especies (en la mayoría de los casos no se registraron especies nuevas a partir de la quinta preparación). Las

fotomicrografías se obtuvieron con una cámara digital AnsCope 5.0 acoplada al microscopio y capturadas con el software Tope View 5.0. Las imágenes se editaron con el programa Adobe Photoshop Pro 2021. Para la clasificación taxonómica se utilizaron los libros y claves taxonómicas específicas (Casa, 2020; Prygiel y Coste, 2000; Houk, 2003; Metzeltin, Lange y García, 2005; Metzeltin y Lange-Bertalot, 2007; Taylor *et al.*, 2007).

Procesamiento de datos

La sistematización de los registros y análisis básicos de riqueza y frecuencia de especies se realizaron en Microsoft Excel 2019.

Resultados y discusión

Durante las tres campañas de muestreo en el arroyo San Lorenzo, se lograron identificar un total de 97 especies de diatomeas, agrupadas en 10 órdenes, 18 familias y 25 géneros. De las especies registradas, 94 pertenecen al grupo de pennadas, de la clase Bacillariophyceae; 2 a las centrales radiadas, de la clase Coscinodiscophyceae y 1 a centrales, de la clase Mediophyceae. De esta lista, 36 constituyen nuevos registros para el Paraguay (Tabla 1).

La riqueza específica mostró una notable diferencia estacional. En primavera (campaña 3) se registraron 73 especies; a diferencia de las colectas realizadas en otoño e invierno, con 32 y 36 especies respectivamente. A nivel espacial, el punto P1 con 53 especies fue el de mayor riqueza, seguido de los puntos P2 (zona de descarga de fábrica de embutidos), P4 y P3 con 33, 30 y 25 especies registradas, respectivamente (Fig. 2).

Los géneros más diversos fueron *Nitzschia* Hassall, 1845 (24%), *Gomphonema* Ehrenberg, 1832 (15%) y *Pinnularia* Ehrenberg, 1843 (9%) (Fig. 3), asociados a la presencia de metales pesados, aguas contaminadas con residuos industriales y muchas de estas especies causan la obstrucción de filtros (Ramírez, 2000). La predominancia de estos géneros coincide con

Tabla 1 (inicio). Diatomeas registradas durante el año 2022 en el arroyo San Lorenzo. *Nuevos registros.

Nº	Especie	N . R.*	Campaña 1			Campaña 2				Campaña 3			
			P1	P2	P3	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
1	<i>Adlafia</i> sp. Gerd Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin 1998	X				X							
2	<i>Amphipleura lindheimerii</i> Grunow 1862	X											X
3	<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing 1844									X		X	X
4	<i>Amphipleura</i> sp. Kützing 1844							X					
5	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen 1979	X	X	X		X							
6	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979							X					
7	<i>Craticula ambigua</i> (Ehrenberg) D.G.Mann 1990	X											X
8	<i>Craticula</i> cf. <i>ambigua</i> (Ehrenberg) D.G.Mann 1990	X											X
9	<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson 1838												X
10	<i>Cymbella cistula?</i> (Ehrenberg) O.Kirchner 1878	X									X		
11	<i>Eunotia</i> cf. <i>formica</i> Ehrenberg 1843	X											X
12	<i>Eunotia</i> cf. <i>soleirolii</i> (Kützing) Rabenhorst 1864	X											X
13	<i>Eunotia</i> cf. <i>ventriosa</i> R.M.Patrick 1940	X				X							
14	<i>Eunotia</i> sp. Ehrenberg 1837			X	X					X	X	X	X
15	<i>Eunotia zizkae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot 2007											X	X
16	<i>Fragilaria</i> cf. <i>lanceolata</i> (Kützing) E.Reichardt 1988									X			
17	<i>Fragilaria</i> sp. Lyngbye 1819	X								X			X
18	<i>Frustulia</i> cf. <i>longinqua</i> Lyngbye 1819									X			
19	<i>Frustulia</i> sp. Rabenhorst, 1853												X
20	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni 1891	X											X
21	<i>Geissleria decussis</i> (Østrup) Lange-Bertalot & Metzeltin 1996											X	
22	<i>Gomphonema affinopsis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez 2007	X											X
23	<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg 1841				X								
24	<i>Gomphonema augur</i> var. <i>turris</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot 1985	X								X			
25	<i>Gomphonema</i> cf. <i>apicatum</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot 1985												X
26	<i>Gomphonema</i> cf. <i>butantanum</i> Krasse, 2010	X											X

Tabla 1 (continuación). Diatomeas registradas durante el año 2022 en el arroyo San Lorenzo. *Nuevos registros.

Nº	Especie	N . R.*	Campaña 1			Campaña 2				Campaña 3			
			P1	P2	P3	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
27	<i>Gomphonema cf. parallelistriatum</i> Lange-Bertalot & E.Reichardt 1993									X			
28	<i>Gomphonema cf. parvulum</i> (Kützing) Kützing 1849									X			
29	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg 1838	X											X
30	<i>Gomphonema guaraniarum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot 2007									X			
31	<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing 1844	X											X
32	<i>Gomphonema neoapiculatum</i> Lange-Bertalot, E.Reichardt & Metzeltin 1998									X	X		
33	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing 1849	X	X							X			
34	<i>Gomphonema rochense</i> Ehrenberg 1832	X								X			
35	<i>Gomphonema</i> sp. Ehrenberg 1832									X	X		
36	<i>Gomphonema turris</i> Ehrenberg 1843												X
37	<i>Gyrosigma scalpoides</i> (Rabenhorst) Cleve 1894	X										X	
38	<i>Gyrosigma</i> sp. Hassall 1845												X
39	<i>Hantzschia abruptirostrata</i> Lange-Bertalot & Metzeltin 2008							X					
40	<i>Hantzschia abundans</i> Lange-Bertalot 1993		X										
41	<i>Hantzschia amphioxis</i> (Ehrenberg) Grunow 1880						X	X					
42	<i>Hantzschia</i> sp. Grunow, 1877					X							X
43	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D.G.Mann ex Rarick, S.Wu, S.S.Lee & Edlund 2017											X	
44	<i>Luticola goeppertiana?</i> (Bleisch) D.G.Mann ex Rarick, S.Wu, S.S.Lee & Edlund 2017									X			
45	<i>Navicula cf. protracta</i> Grunow 1880												X
46	<i>Navicula protracta</i> Grunow 1880		X	X	X								
47	<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg 1838	X				X							
48	<i>Navicula</i> sp. Bory 1822		X		X			X			X		
49	<i>Neidum</i> sp. Pfizer 1871		X										
50	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith 1853			X									
51	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt 1930										X		
52	<i>Nitzschia cf. acicularis</i> (Kützing) W.Smith 1853					X		X					
53	<i>Nitzschia cf. capitellata</i> Hustedt 1930			X		X					X		
54	<i>Nitzschia cf. clausii</i> Hantzsch 1860												X

Tabla 1 (continuación). Diatomeas registradas durante el año 2022 en el arroyo San Lorenzo. *Nuevos registros.

Nº	Especie	N . R.*	Campaña 1			Campaña 2				Campaña 3			
			P1	P2	P3	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
55	<i>Nitzschia cf. frustulum</i> (Kützing) Grunow 1880	X	X										
56	<i>Nitzschia cf. gracilis</i> Hantzsch 1860					X		X					
57	<i>Nitzschia cf. paleacea</i> (Grunow) Grunow 1881	X				X							
58	<i>Nitzschia cf. paleaeformis</i> Hustedt 1950							X					
59	<i>Nitzschia cf. subacicularis</i> Hustedt 1938		X										
60	<i>Nitzschia clausii?</i> Hantzsch 1860									X			
61	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch 1860											X	
62	<i>Nitzschia haloserbica</i> Vidakovic, Ector, C.E.Wetzel & Krismanic 2022	X										X	
63	<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith 1853					X							
64	<i>Nitzschia nana</i> Grunow 1881							X					
65	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith, 1856			X	X								
66	<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow 1881					X	X						
67	<i>Nitzschia regula</i> Hustedt 1922										X		
68	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith 1853		X										
69	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith 1853						X						
70	<i>Nitzschia</i> sp. Hassall 1845		X			X	X				X	X	
71	<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot 1978										X	X	
72	<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch 1860	X										X	
73	<i>Pinnularia cf. gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1843		X										
74	<i>Pinnularia cf. latevittata</i> Cleve 1894	X	X										
75	<i>Pinnularia cf. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve 1891												X
76	<i>Pinnularia cf. parvulissima</i> Krammer 2000	X	X			X							
77	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve 1891												X
78	<i>Pinnularia parvulissima</i> Krammer 2000	X		X							X		
79	<i>Pinnularia</i> sp. Ehrenberg 1843		X							X			X
80	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer 1992	X			X		X						
81	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843	X		X									
82	<i>Placoneis cf. abundans</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & Garcia-Rodríguez 2005	X										X	

Tabla 1 (final). Diatomeas registradas durante el año 2022 en el arroyo San Lorenzo. *Nuevos registros.

Nº	Especie	N . R.*	Campaña 1			Campaña 2				Campaña 3				
			P1	P2	P3	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	
83	<i>Placoneis cf. clementis</i> (Grunow) E.J.Cox 1988	X										X		
84	<i>Placoneis cf. juriljii</i> A.Miho & Lange-Bertalot 2006	X											X	
85	<i>Placoneis explanata</i> (Hustedt) S.Mamaya 2000	X											X	
86	<i>Placoneis</i> sp. Mereschkowsky, 1903									X				
87	<i>Sellaphora cf. densistriata</i> (Lange-Bertalot & Metzeltin) Lange-Bertalot & Metzeltin 2003									X				
88	<i>Sellaphora cf. pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky 1902	X					X							
89	<i>Sellaphora densistriata</i> (Lange-Bertalot & Metzeltin) Lange-Bertalot & Metzeltin 2003										X			
90	<i>Sellaphora laevissima</i> (Kützing) D.G.Mann 1989									X				
91	<i>Sellaphora</i> sp. Mereschkowsky 1902	X		X		X								
92	<i>Simonsenia delognei</i> (Grunow) Lange-Bertalot 1979							X						
93	<i>Stauroneis cf. kochiae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot 2007						X							
94	<i>Surirella</i> sp. Turpin 1828										X	X		
95	<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1834	X											X	
96	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing 1844							X					X	
97	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001			X	X	X				X				
97 especies			36	14	12	6	17	7	8	4	22	14	11	26

su amplia distribución en ambientes impactados por contaminantes orgánicos e industriales (Van Dam et al., 1994; Ramírez, 2000). Por ejemplo *N. palea* y *N. frustulum* suelen asociarse a aguas con elevada carga de nutrientes y presencia de metales pesados, mientras que *Gomphonema parvulum* se considera un bioindicador clásico de aguas eutróficas o contaminadas con materia orgánica (Jüttner, Reichardt & Cox, 2004). El género *Pinnularia* es común en cuerpos de agua pequeños, *Pinnularia microstauron* (Ehrenberg) Cleve, 1891 puede señalar la existencia de hierro en el medio acuático (Ramírez, 2000). Van Dam et al., (1994) menciona que las especies de este género pueden habitar en una amplia gama de

ambientes acuáticos, pero que muchas son indicadoras de ambientes ácidos.

La comparación con estudios previos en

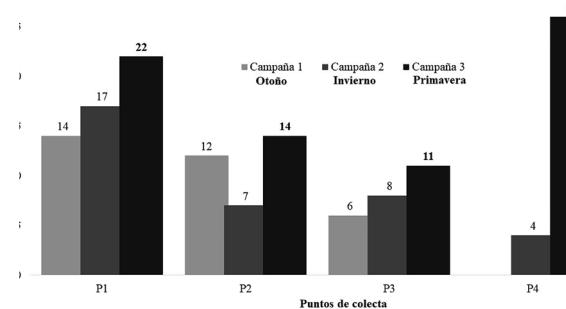


Figura 2. Riqueza de especies de diatomeas por campaña de colecta (otoño, invierno y primavera).

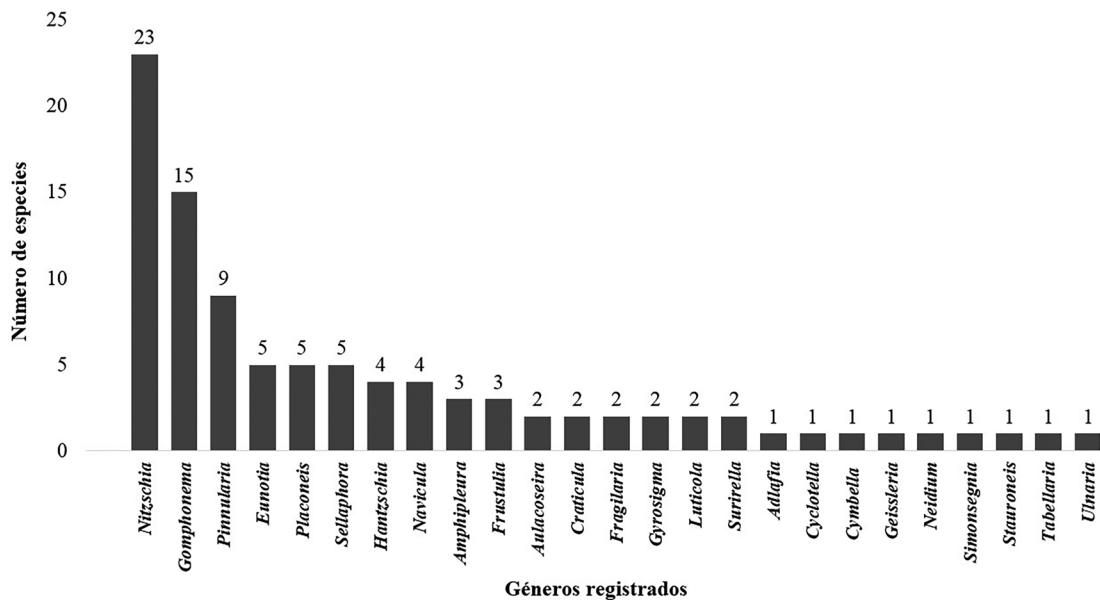


Figura 3. Riqueza de especies de diatomeas por género.

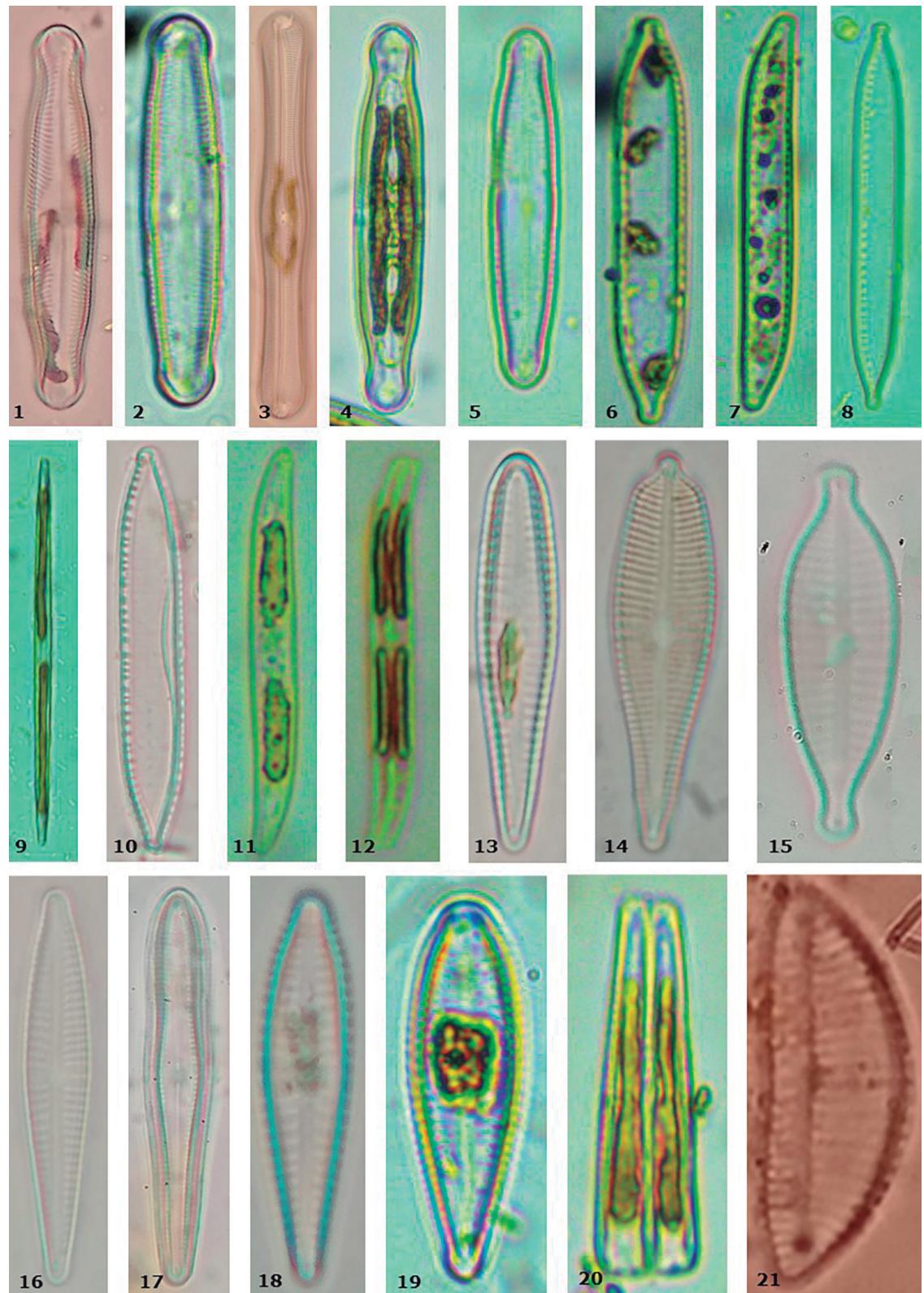
el país refleja tanto similitudes como particularidades. Benítez *et al.* (2014) reportaron 14 géneros de diatomeas en el mismo arroyo, sin listar especies, mientras que Dos Santos (2016) destacó a los géneros de *Eunotia*, *Pinnularia*, *Gomphonema*, y *Surirella* como los representativos a nivel nacional. Gali (2022) encontró que *Nitzschia*, *Navicula*, *Eunotia* y *Gomphonema* fueron los géneros dominantes también en un ambiente lótico, el río Confuso en Benjamín Aceval (Chaco húmedo - Paraguay). En conjunto, estos antecedentes confirman la importancia de los géneros más diversos hallados en el presente estudio y amplían el inventario de fitoflora nacional con los nuevos registros.

Desde el punto de vista ecológico, los géneros dominantes del arroyo San Lorenzo, se

asocian a diferentes condiciones ambientales. Así, por ejemplo, *Nitzschia* está relacionada a aguas salobres o con alta carga orgánica, bajos niveles de oxígeno y contaminación industrial. *Gomphonema* se asocia a un amplio rango de ecosistemas acuáticos, aunque son indicadores de contaminación orgánica. *Pinnularia*, por su parte, es frecuente en cuerpos de agua pequeños, algunas especies asociadas a ambientes ácidos y oligotróficos. Otros géneros como *Eunotia*, *Navicula*, *Cyclotella* y *Cymbella* aportan información adicional sobre las variaciones locales en el pH, oxigenación y presencia de contaminantes específicos (Van Dam *et al.*, 1994; Ramírez, 2000).

La mayoría de las especies tiene distribución cosmopolita, aunque se identificaron taxones asociados a ambientes alcalinos (*Aulacoseira*

Página opuesta: Figura 4. Diatomeas del Arroyo San Lorenzo. 1) *Pinnularia subgibba*. 2) *Pinnularia* cf. *parvulissima*. 3) *Pinnularia novilis*. 4) *Pinnularia* cf. *microstauron*. 5) *Pinnularia parvulissima*. 6) *Nitzschia umbonata*. 7) *Nitzschia clausii*? 8) *Nitzschia capitellata*. 9) *Nitzschia gracilis*. 10) *Nitzschia palea*. 11) *Nitzschia haloserbica*. 12) *Nitzschia vermicularis*. 13) *Gomphonema rochense*. 14) *Gomphonema augur* var. *turris*. 15) *Gomphonema lagenula*. 16) *Gomphonema gracile*. 17) *Gomphonema* cf. *butantanum*. 18) *Gomphonema* cf. *apicatum*. 19) *Gomphonema* cf. *parvulum*. 20) *Gomphonema* sp. vista pleural. 21) *Cymbella cistula*.



Diatomeas del arroyo San Lorenzo

granulata, *Luticola goeppertiana*, *Nitzschia acicularis*, entre otros) y especies típicas de regiones templadas, pero con presencia en zonas tropicales como *Nitzschia gracilis*, *Nitzschia umbonata* (Buendía, Tavera y Novelo, 2015). Esta composición refleja la influencia tanto de las condiciones locales (descargas domésticas e industriales) como de factores regionales en la configuración de la flora diatomológica.

Los resultados develan que el arroyo San Lorenzo presenta una comunidad de diatomeas caracterizada por una alta diversidad (Figs. 4 y 5), fuerte presencia de géneros asociados a contaminación, así como un considerable número de nuevos registros para el Paraguay. El reporte reafirma la utilidad de las diatomeas como herramienta bioindicadora en ambientes urbanos y destacan la necesidad de estudios continuos para evaluar los efectos de la presión antrópica sobre sistemas de agua del país.

Conclusión

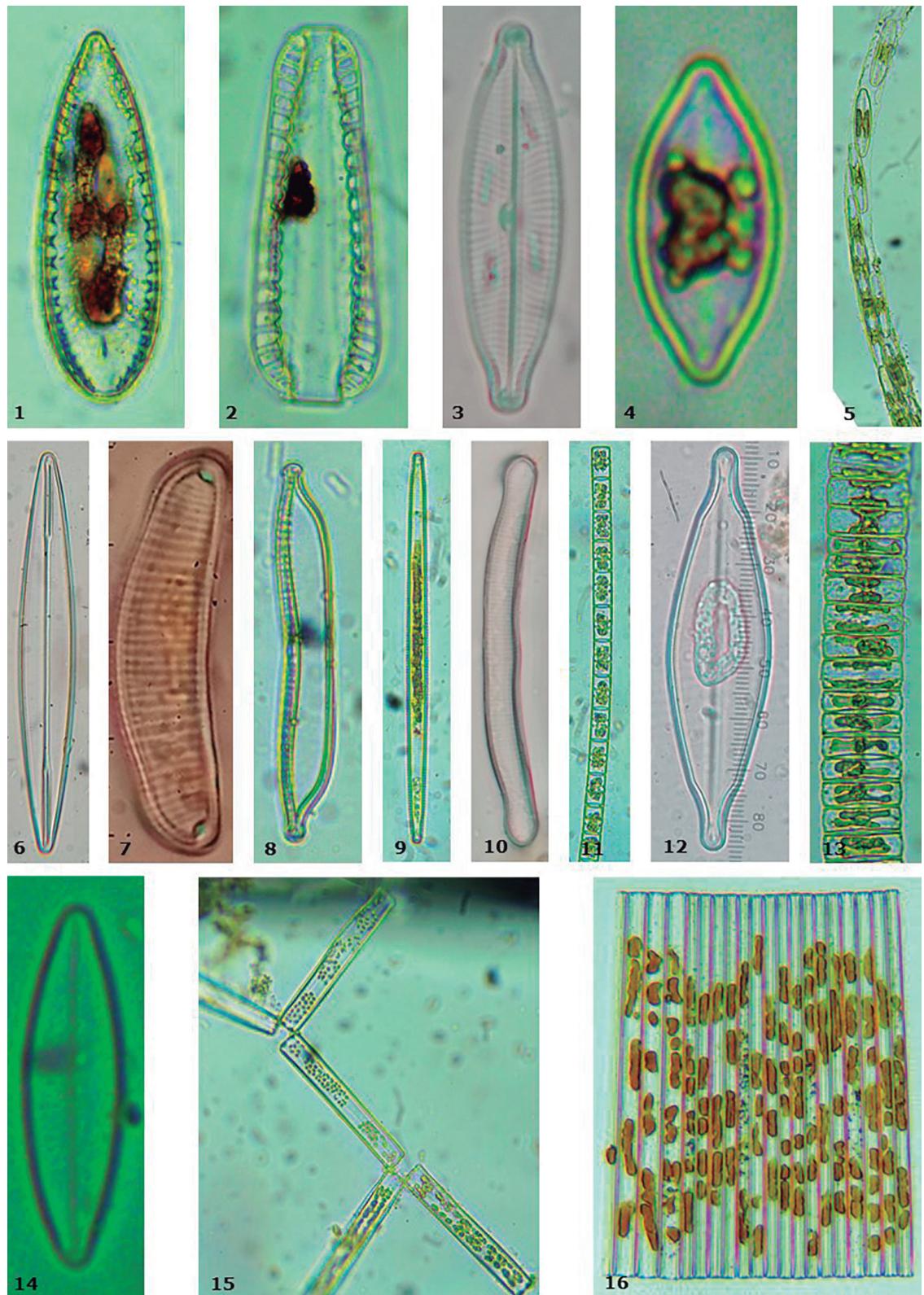
Con esta investigación se contribuye con 36 nuevos registros de diatomeas para la fitoflora del Paraguay, dentro de las 97 especies identificadas y agrupadas en 25 géneros en el arroyo San Lorenzo. La mayor riqueza se observó durante la primavera y en el punto P1 (aguas arriba de la fábrica de embutidos), lo que evidencia variaciones espacio-temporales asociados al impacto urbano. Los géneros dominantes fueron *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Pinnularia*, que se asocian consistentemente con ambientes afectados por contaminantes industriales y metales pesados, lo que confirma el estado de degradación en el arroyo y destaca el valor de las diatomeas como bioindicadoras. Estos hallazgos reflejan la vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos locales ante la presión antropogénica y subrayan la necesidad de

implementar medidas de monitoreo continuo en sistemas de agua urbanos en Paraguay.

Literatura

- Benítez Rodas, G.A., Nakayama, H.D., Moura Arrúa, J., Franco Cardozo, G., Acosta Brítez, R.R. & Ramírez Garay, L.M. (2014). Caracterización biológica del Arroyo San Lorenzo en el tramo del Campus Universitario-UNA. *Steviana*, 6: 36–49. <https://doi.org/10.56152/StevianaFacenV6A4_2014>.
- Buendía, M., Tavera, R. & Novelo, E. (2015). Florística y ecología de diatomeas bentónicas de la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac, México. *Botanical Sciences*, 93(3): 531–558. <<https://doi.org/10.17129/botsci.148>>.
- Casa, V. (2020). *Diatomeas de turberas de Tierra del Fuego: diversidad, ecología y evaluación de su uso como indicadores ambientales*. (Tesis de doctorado). Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. 182 pp.
- Dos Santos, R.M. (2016). *Atlas Algas del Paraguay: Características generales, importancia, muestreos en Paraguay, clave de identificación e ilustraciones*. San Lorenzo: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción. 230 pp.
- Estrada, N., Obregón, I., Castillo, I., Jardón, J., Castro, G. & Castro, J. (2018). Evaluación de la calidad de agua a través del índice pampeano de diatomeas (IDP) en tres diferentes localidades del río Actopan, Veracruz. *E-Bios*, 1(15): 29–35.
- Gali, S. (2022). *Caracterización fitoplanctónica del río Confuso en dos puntos de un tramo en Benjamín Aceval, departamento de*

Figura 5. Diatomeas del Arroyo San Lorenzo. 1-2) *Surirella splendida*. 3) *Placoneis explanata*. 4) *Placoneis cf. clementis*. 5) Filamento de *Frustulia vulgaris*. 6) *Amphipleura lindheimerii*. 7) *Eunotia zizkae*. 8) *Hantzschia amphioxys*. 9) *Ulnaria ulna*. 10) *Eunotia cf. formica*. 11) *Aulacoseira ambigua*. 12) *Craticula ambigua*. 13) Filamento de *Eunotia* sp. 14) *Adlaafia* sp. 15) *Tabellaria fenestrata*. 16) *Fragilaria* sp.



Diatomeas del arroyo San Lorenzo

- Presidente Hayes, Paraguay.* (Tesis de Grado). San Lorenzo: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción.
- Houk, V. (2003). *Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part I. Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae.* Olo-mouc: Czech Phycological Society. 27 pp + 41 plts.
- INE [Instituto Nacional de Estadística]. (2022). *Central: Proyecciones de población por sexo y edad.* (Tríptico). [Consulted: 18.vi.2025]. <https://www.ine.gov.py/Publicaciones/Proyecciones%20por%20Departamento%202022/11_CENTRAL_2022.pdf>.
- Jüttner, I., Reichardt, E. & Cox, E.J. (2004). Taxonomy and ecology of some new *Gomphonema* species common in himalayan streams. *Diatom Research*, 19(2): 235–264. <<https://doi.org/10.1080/0269249X.2004.9705873>>.
- Metzelin, D., Lange-Bertalot, H. & García-Rodríguez, F. (2005). *Diatoms of Uruguay compared with other taxa from South America and elsewhere.* Iconografia Diatomologica, Vol. 15. Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books. 736 pp.
- Metzelin, D. & Lange-Bertalot, H. (2007). *Tropical diatoms of South America II.* Iconografia Diatomologica, Vol. 18. Stuttgart: Gantner Verlag. 876 pp.
- Martin, G. & de los Reyes, M. (2012). Diatoms as Indicators of Water Quality and Ecological Status: Sampling, Analysis and Some Ecological Remarks. Pp. 183–204, *in* Voudouris, K. & Voutsas, D. (Eds.), *Ecological Water Quality - Water Treatment and Reuse.* Rijeka: InTech Open. 510 pp.
- Prygiel, J. & Coste, M. (2000). *Guide Méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées.* Douai: Agence de l'Eau Artois Picardie. 134 pp + 89 plts.
- Ramírez, J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios.* Medellín. Universidad de Antioquia. 207 pp.
- Rosset, V.K., Rodrigues, E.C., Wilander, R., Ramos, M., Dos Santos, M. & Kaveski, C. (2020). Gaps and challenges in the knowledge of algal biodiversity in Paraguay. *Phycologia*, 54(6): 571–577. <<https://doi.org/10.1080/00318884.2020.1830597>>.
- Salinas Franco, N., Benítez, J., López, T. (2021). Metales pesados contenidos en los sedimentos de fondo y en la columna de agua del arroyo San Lorenzo, Departamento Central, Paraguay. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 26(1): 10–114. <<https://doi.org/10.32480/rsep.2021.26.1.100>>.
- Taylor, J.C., Harding, W.R. & Archibald, C.G.M. (2007). *An illustrated guide to some common diatom species from South Africa.* Pretoria: Water Research Commission. xxiv + 12 pp. + 178 plts.
- Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28(1): 117–133.