

**Registro paleolimnológico de la diversidad de especies de
Bacillariophyceae (Diatomeas) del Lago Ypacaraí y Río Salado,
Paraguay**

Paleolimnological record of the diversity of species of Bacillariophyceae
(Diatoms) of Lake Ypacaraí and River Salado, Paraguay

Talía Appleyard B.^{1*}, Karina Núñez², Gilberto A. Benítez R.³, Melissa R. Dos Santos⁴

¹Laboratorio de Calidad de Agua, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción (FACEN-UNA). ²Colección Zoológica, Departamento de Biología, FACEN-UNA. ³Laboratorio CEMIT, UNA. ⁴Laboratorio de Hidrobiología, FACEN-UNA;
*e-mail: bioapplebis@gmail.com

Resumen: Tanto el Lago Ypacaraí como su sistema de drenaje, el río Salado, están sufriendo alteraciones ambientales que afectan a los organismos que se relacionan con estos. Estos registros paleolimnológicos brindaron informaciones sobre las fluctuaciones ambientales de estos sistemas de agua que fueron reconstruidas mediante el análisis de diatomeas (microorganismos indicadores de cambios ambientales de los sistemas acuáticos en el tiempo debido a que tienen una respuesta rápida de crecimiento cuando existen variaciones en su entorno) en los sedimentos profundos provenientes de la playa de San Bernardino y Río Salado a 6,4 km del Lago Ypacaraí. La playa de San Bernardino presentó una mayor variabilidad en su flora diatomológica lo que indica cambios ambientales en distintos periodos, siendo el más común los ciclos de agua ligeramente alcalinas a neutras y ciertos lapsos en esos ciclos con aguas ligeramente ácidas; siendo esto común en los 5 perfiles sedimentarios analizados. En cambio, en el río Salado se obtuvo una flora diatomológica regular en los perfiles I, III y V con aguas ligeramente ácidas a neutras, con lapsos de aguas ligeramente alcalinas. Para el perfil II se obtuvo un mayor número de especies que tienen preferencias a aguas ligeramente alcalinas a neutras y lapsos con aguas ligeramente ácidas. Para el perfil IV, la proporción de especies con preferencia de aguas ligeramente alcalinas y aguas ligeramente ácidas fue igual, infiriéndose así que en ese periodo temporal hubo lapsos de aguas ligeramente ácidas y alcalinas en tiempos iguales.

Palabras clave: bioindicadores, flora diatomológica, paleolimnología.

Summary: Both Lake Ypacaraí and its drainage system, the Río Salado, are suffering environmental changes that affect organisms related to them. These palaeolimnological records provided us with information on the environmental fluctuations of these water systems that were reconstructed by analyzing diatoms (micro-organisms with high specificity in their habitat and a rapid growth response when there are variations in their environment are a good indicator of changes in water systems over time), in sediments from the beach of San Bernardino and Río Salado, 6.4 km off the Lake. The beach of San Bernardino introduced a greater variability in diatom flora, which indicated environmental changes at different periods, being the most common cycles slightly

Manuscrito recibido: agosto de 2017.

Manuscrito aceptado: noviembre de 2017.

alkaline to neutral water, and certain lapses in those cycles with slightly acidic water being regulate. This was presented in the five Sedimentary profiles analyzed. However, in the Río Salado a regular diatom flora was obtained in profiles I, III and V with slightly acidic to neutral water, with periods of slightly alkaline water for Profile II. More species with preferences on slightly alkaline water were obtained in neutral and slightly acidic water periods. For the profile IV, the proportion of species with preference for slightly alkaline water and slightly acidic water was equal, so it was inferred that, in that time period, there were lapses of slightly acidic and alkaline water in equal times.

Keywords: bioindicators, diatomological flora, paleolimnology.

Introducción

Uno de los mayores desafíos para los limnólogos es la falta de datos sobre las características ecológicas de los lagos y ríos en diversas escalas de tiempo. Aunque la información instrumental directa sobre los cambios limnológicos está a menudo incompleta, un importante registro sobre condiciones ambientales y ecológicas pasadas está preservado en los sedimentos de lagos y algunos sistemas de ríos (Smoll, 2009). La Paleolimnología se ocupa del estudio de cualquier tipo de información encontrada en sedimentos que se acumulan en el fondo de un cuerpo de agua y es la ciencia que reconstruye las condiciones ambientales y ecológicas pasadas, evalúa cambios naturales, así como los cambios producidos por el hombre utilizando la información contenida en sedimentos de los cuerpos de agua y sus drenajes (Caballero, Valadez, y Rodríguez, 2013; Escobar, Restrepo y Martínez, 2005; Frey, 1988). El bioindicador más utilizado en Paleolimnología son las diatomeas, algas microscópicas unicelulares identificables por la forma de su esqueleto, que consta de dos valvas transparentes muy ornamentadas impregnadas con sílice. Estas algas son sensibles a cambios en el pH, concentraciones de nutrientes, salinidad y a la naturaleza de los contaminantes orgánicos, así como son indicadoras de eutrofización y calidad de agua. Existen más de 20.000 especies de diatomeas en las aguas dulces y saladas; sus asociaciones y su diversidad reflejan las condiciones ambientales (Curtis y Schnek, 2008; Ramírez et al. 2007).

Uno de los cuerpos de aguas lagunares más grande del Paraguay es el lago Ypacaraí, con una profundidad media de tres metros, caracterizado por una alta turbiedad y una mezcla constante y completa de sus aguas; este lago está expuesto a un alto impacto de materiales inorgánicos y orgánicos, debido a la erosión y desechos humanos e industriales (Delgado, Lozano y Facetti, 2014; Ritterbusch, 1988), y desemboca en el río Salado, que se extiende como un humedal abierto por la vegetación acuática arraigada y flotante (Delgado, Lozano y Facetti, 2014), drenando el agua del lago hasta el Río Paraguay.

En base en esto, el objetivo de la investigación es identificar y comparar la diversidad de especies de Bacillariophyceae en distintos perfiles de sedimentos obtenidos de la Playa Municipal de San Bernardino y el río Salado, en su porción más cercana al lago Ypacaraí.

Materiales y Métodos

1. Área de Estudio

El Lago Ypacaraí está localizado entre los departamentos Central y Cordillera, abarcando los distritos de Areguá, Ypacaraí y San Bernardino. El primer punto de muestreo fue la Playa de San Bernardino, S 25° 18' 46.779"-O 57° 18' 13.785" (**Fig. 1.A, C**). El segundo punto de muestreo fue el río Salado, aproximadamente 6,40 km del lago Ypacaraí S 25° 12' 23.939"-O 57° 22' 29.32" (**Fig. 1.A, B**). Este cauce sirve como límite natural entre los departamentos Central y Cordillera y recorre los siguientes municipios: San Bernardino, Limpio, Emboscada y Luque.

En la zona de muestreo del río Salado, el principal impacto es la construcción de un puente correspondiente a la ruta Luque –San Bernardino (**Fig. 1.B**), en cambio, la zona de muestreo de la playa de San Bernardino, por ser un área de recreación pública, está constantemente influenciada por turistas, sobretudo en la época veraniega (**Fig. 1.A, C**).

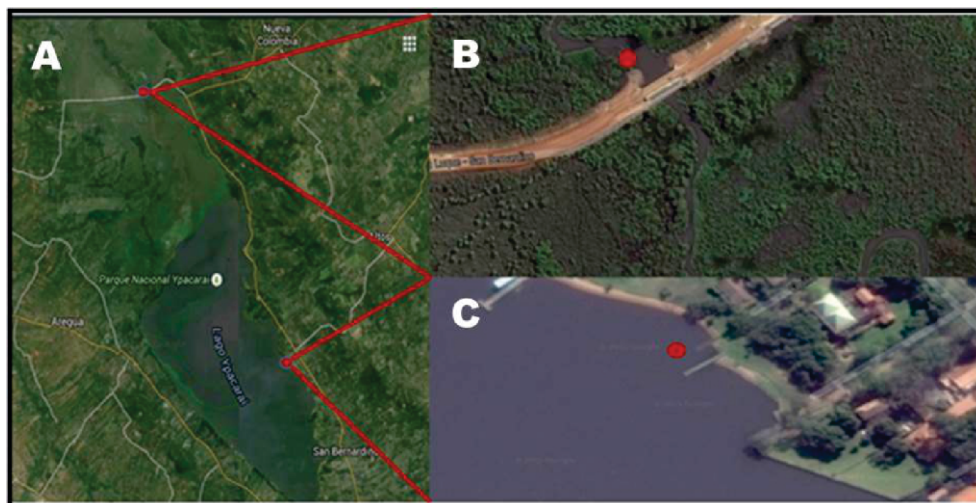


Fig. 1. A-C. Zona de muestreo. **A.** Fotografía satelital de los dos puntos de muestro. **B.** Punto de muestreo, río Salado **C.** Punto de muestro, playa de San Bernardino.

2. Diseño de muestreo

Las muestras diatomológicas se tomaron a través de la introducción manual o *push corers* (Ruiz-Fernández, 2012).

3. Métodos de Muestreo

3.1. Sub-muestreo o procesamiento de sedimentos: para la segmentación de los perfiles sedimentarios se tuvo en cuenta la acumulación aproximada de 0,5 - 2mm de sedimentos en el fondo acuático por año según Brenner y Ariztegui (2002) llamadas tasas de sedimentación. Del sedimento superficial se desechó 5 cm debido a las fluctuaciones por las corrientes contantes del agua para el sedimento profundo se tomaron sub-muestras de 1cm (tasa de sedimentación de Brenner) que correspondiente a un periodo de tiempo no determinado debido a que no se realizó la datación del

sedimento. Cada cm tomado corresponde a un perfil sedimentario, el cual fue etiquetado con números romanos (I, II, III, IV y V), siendo el perfil I el más profundo y el perfil V el más superficial.

3.2 Extracción de frústulas de los perfiles sedimentarios: se disolvió el sedimento de cada perfil en 50ml de agua destilada, se generó movimientos bruscos con la pipeta o varilla de vidrio para separar las frústulas que se encontraban pegadas a los granos de arena (aproximadamente 1 min), se dejó reposar unos segundos y con la pipeta se extrajo el contenido líquido y se colocaron en frascos etiquetados por perfil sedimentario y punto de muestreo. Esta muestra se conservó con 1ml de formalina al 10%.

3.3 Preparación permanente de láminas: Se realizó según Protocolos de Muestreos y Análisis para Fitobentos, (2005).

4. Observación de las muestras fijadas al microscopio

Se llevó a observación con microscopio óptico compuesto, con aumento de 1000x, con aceite de inmersión. Se fotografiaron los registros con la cámara fotográfica.

5. Procesamiento y análisis de datos

La identificación de las especies se basó en los siguientes trabajos: Prescott (1970), Bicudo y Menezes (2006). Se analizaron los siguientes parámetros:

a) Riqueza y composición de especies por perfil sedimentario: se identificaron todos los géneros diferentes realizando un barrido completo de dos láminas por perfil sedimentario para cada punto de muestreo.

b) Similitud entre Puntos de muestreo: Se utilizó el índice de Similitud Jaccard, utilizando el Programa EstimateS 9.1.0 (2013). El rango es de cero (0) sin especies compartidas, hasta uno (1) ambos sitios comparten las mismas especies.

Resultados

Composición taxonómica de las especies encontradas en la playa de San Bernardino

De la columna sedimentaria de la playa de San Bernardino fueron contadas 86 frústulas que corresponden a 54 especies distribuidos en 22 géneros (**Tabla 1**), siendo los géneros con mayor número de especies: *Aulacoseira* (7), *Nitzschia* (7), *Eunotia* (6) y *Navícula* (5).

Las especies presentes en los cinco perfiles fueron *Cyclotella striata*, *Fragilariforma* af *stevensoni*, *Pinnularia sterrenburgii*, *Pseudostaurosira brevistriata* y *Stenopterobia hulli*.

Las especies ya mencionas *Fragilariforma* af *stevensoni*, *Pinnularia sterrenburgii*, *Pseudostaurosira brevistriata* y *Stenopterobia hulli* representan nuevos registros para la región y para el país (**Fig.2.A-D**).

Composición de especies por perfil sedimentario

En el perfil I (el más profundo) se encontraron 26 especies distribuidos en 13 géneros, siendo los más abundantes: *Aulacoseira* (4), *Cyclotella* (4), *Nitzschia* (4) y *Navícula* (3). También hay especies como *Aulacoseira solida*, *Eunotia* af *didyma*, *Eunotia tridentula*, *Fragilariforma* af *stevensoni*, *Navícula cincta*, *Navícula veneta*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia capitellata*, *Nitzschia* af. *palea* y *Stauroneis anceps*, que fueron

encontrados sólo en este perfil.

En el perfil II se encontraron 18 especies distribuidos en 14 géneros, siendo los más abundantes *Eunotia* (3), *Diplonéis* (2) y *Nitzschia* (2). Especies únicas de este perfil son: *Cymbella minuta*, *Diploneis smitii*, *Eunotia* af *pectinalis*, *Eunotia camelus* vr. 2, *Hantzschia* sp, *Nitzschia semirobusta*, *Pinnularia sterrenburgii* y *Staurosirella leptostauron*.

En el perfil III (perfil medio) se encontraron 17 especies distribuidos en 11 géneros, siendo los más abundantes el género *Aulacoseira* (4) y *Cyclotella* (4). Las especies presentes sólo en este perfil son: *Aulacoseira* sp, *Eunotia soleris*, *Gomphonema* af *parvulum* y *Luticola* af *ventricosa*.

El perfil IV resultó el menos abundante en cuanto a especies, sólo fueron encontradas 7 especies distribuidas en 6 géneros, siendo el más abundante el género *Cyclotella* (2). Las especies *Encyonema minuta* y *Pseudostaurosira brevistriata* fueron encontradas sólo en este perfil.

En el perfil más superficial correspondiente al perfil V fueron encontrados 18 especies distribuidos en 13 géneros, siendo los más abundantes *Stenopterobia* (3), *Aulacoseira* (2), *Cyclotella* (2) y *Navícula* (2). Las especies *Encyonema silesica*, *Navícula decussi*, *Nitzschia guadalupensis* y *Stenopterobia* af. *delicatissima* fueron encontradas sólo en este perfil.

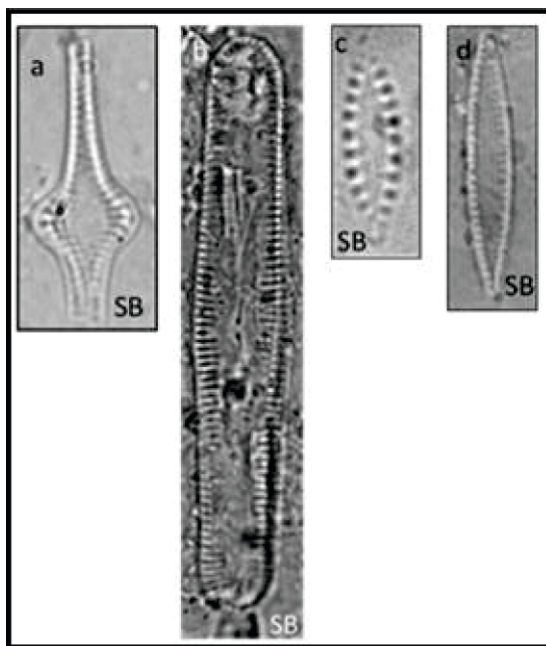


Fig. 2. A-D. Nuevos registros de algas en la zona de San Bernardino. **SB:** San Bernardino. **A.** *Fragilariforma* af. *stevensoni*. **B.** *Pinnularia sterrenburgii*. **C.** *Pseudostaurosira brevistriata* y **D.** *Stenopterobia hulli*.

TABLA 1: Riqueza y composición de especies de la columna y perfil sedimentario de la playa de San Bernardino.

Especies		Perfil					Especies		Perfil				
		I	II	III	IV	V			I	II	III	IV	V
1	<i>Alaucoseira granulata</i>	x		x		x	28	<i>Gomphonema af parvulum</i>			x		
2	<i>Alaucoseira muzzaneis</i>	x					29	<i>Hatzschia sp</i>		x			
3	<i>Aulacoseira af valida</i>		x	x			30	<i>Luticola mutica</i>	x				x
4	<i>Aulacoseira canadensis</i>	x					31	<i>Luticola af ventricosa</i>			x		
5	<i>Aulacoseira distans</i>			x	x	x	32	<i>Navicula cincta</i>	x				
6	<i>Aulacoseira solida</i>	x					33	<i>Navicula decussis</i>					x
7	<i>Aulacoseira sp</i>			x			34	<i>Navicula salinarum</i>			x		x
8	<i>Cyclotella af meneghiniana</i>	x		x			35	<i>Navicula escambia</i>	x	x			
9	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	x		x			36	<i>Navicula veneta</i>	x				
10	<i>Cyclotella striata</i>	x	x	x	x	x	37	<i>Nitzschia amphibia</i>	x				
11	<i>Cyclotella wuethiana</i>	x		x	x	x	38	<i>Nitzschia intermedia</i>			x	x	
12	<i>Cymbella minuta</i>		x				39	<i>Nitzschia capitellata</i>	x				
13	<i>Diploneis oval</i>	x	x			x	40	<i>Nitzschia guadalupensis</i>					x
14	<i>Diploneis smitii</i>		x				41	<i>Nitzschia pararostrata</i>	x	x			
15	<i>Encyonema minuta</i>				x		42	<i>Nitzschia af palea</i>	x				
16	<i>Encyonema silesiaca</i>					x	43	<i>Nitzschia semirobusta</i>		x			
17	<i>Encyonema sp</i>	x	x				44	<i>Pinnularia sterrenburgii *</i>		x			
18	<i>Ephitemia sp</i>	x					45	<i>Pseudostaurosira brevistriata*</i>				x	
19	<i>Eunotia af pectinalis</i>		x				46	<i>Sellaphora pupula</i>			x		x
20	<i>Eunotia af. didyma</i>	x					47	<i>Stauroneis anceps</i>	x				
21	<i>Eunotia camelus vr 2</i>		x				48	<i>Stauronies af gracilis</i>			x		x
22	<i>Eunotia soleris</i>			x			49	<i>Staurosirella leptostauron</i>		x			
23	<i>Eunotia af tridentula</i>	x					50	<i>Stenopterobia af delicatissima</i>					x
24	<i>Eunotia zizkae</i>		x			x	51	<i>Stenoterobia af intermedia</i>	x				x
25	<i>Fragilaria af vaucheride</i>					x	52	<i>Stenoterobia hullii*</i>	x				x
26	<i>Fragilaria af capucina</i>		x	x			53	<i>Stephanodiscus sp</i>		x	x	x	
27	<i>Fragilariforma af stevensonni*</i>	x					54	<i>Tahalassiosira af lacustri</i>	x	x			x

Referencias: af: afine a; vr: variedad; *: Nuevos registros.

Composición taxonómica de las especies encontradas en el río Salado

Se contabilizaron 215 frústulas con 88 especies distribuidas en 26 géneros (**Tabla 2**), de los cuales los más abundantes son *Eunotia* (23), *Pinnularia* (11), *Gomphonema* (8) y *Nitzschia* (6). Las especies *Achnantes* af *inflata* *grandis*, *Aulacoseira* *distans*, *Diploneis* *elliptica*, *Diploneis* *ovalis*, *Eunotia* *camelus* vr. 2, *Eunotia* *didyma* vr. 3 y *Eunotia* *didyma* vr.4 fueron encontrada en todos los perfiles.

Las especies *Craticula* af *cuspidata*, *Eunotia* *camelus* vr.1, vr. 2 y vr.3, *Eunotia* *didyma* vr. 2 y vr. 3, *Eunotia* *itapuana*, *Eunotia* *robernhorstii*, *Gomphonema* *consector*, *Gomphonema* *turris*, *Pinnularia* *aquanigrae*, *Pinnularia* *sterrenburgii* y *Thalassiosira* *maculata* no sólo son nuevos registros para la región sino para el país (**Fig. 3. A-L**).

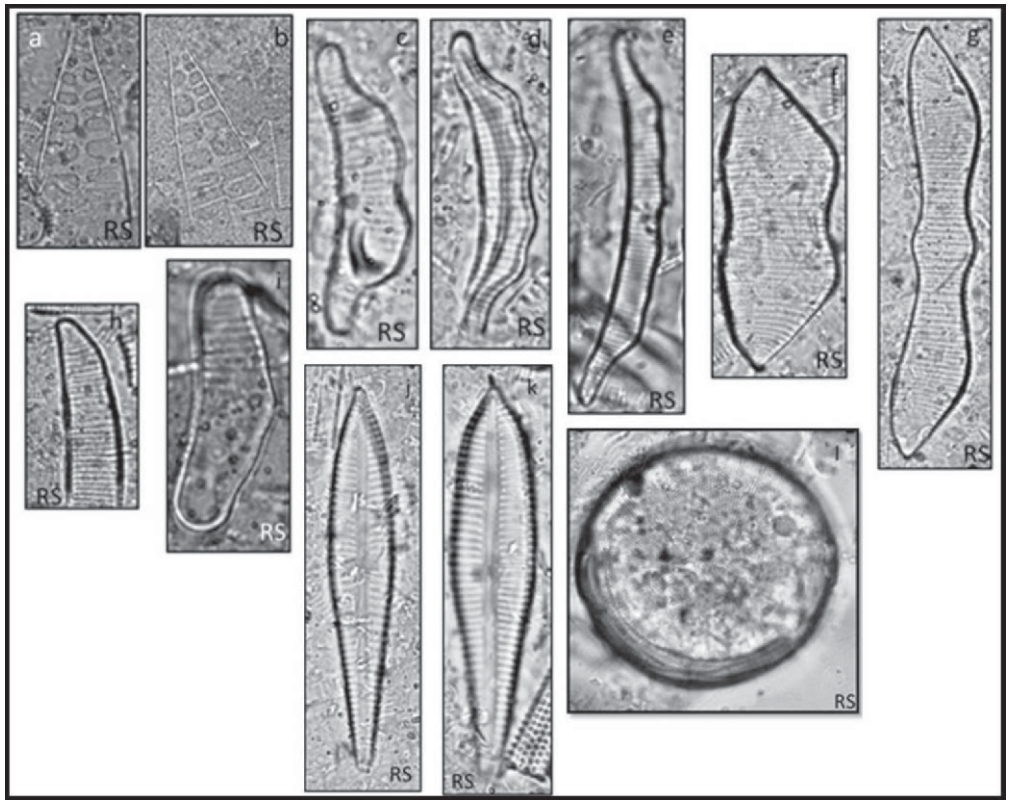


Fig. 3. A-L. Nuevos registros de algas, en la zona de Río Salado. **RS:** Río Salado. **A y B.** *Craticula* af *cuspidata*. **C, D y E.** *Eunotia* *camelus* vr (variedad) 1, vr. 2 y vr. 3. **F y G.** *Eunotia* *dydima* vr. 2 y vr.3. **H.** *Eunotia* af *itapuana* **I.** *Eunotia* *robernhorstii*. **J.** *Gomphonema* *consector*. **K.** *Gomphonema* *turris*. **L.** *Thalassiosira* *maculata*.

TABLA 2: Riqueza y composición de especies de la columna y perfil sedimentario del río Salado.

Especies		Perfil					Especies		Perfil				
		I	II	III	IV	V			I	II	III	IV	V
1	<i>Achnantes inflatagrandis</i> af	x	x	x	x	x	45	<i>Eunotia viola</i>	x	x	x		
2	<i>Achnantes inflata</i>	x	x	x			46	<i>Fragillaria capucina</i> af			x	x	
3	<i>Actinella</i> sp	x					47	<i>Gomphonema af angur</i>		x			
4	<i>Aulacoseira distans</i>	x	x	x	x	x	48	<i>Gomphonema apicatum</i>	x	x		x	x
5	<i>Aulacoseira granulata</i>	x		x	x	x	49	<i>Gomphonema clavatum</i>	x	x	x		x
6	<i>Aulacoseira</i> sp		x				50	<i>Gomphonema consector*</i>		x			
7	<i>Cocconeis placentula</i>		x				51	<i>Gomphonema guaraniarum</i>		x			x
8	<i>Craticula cuspidata*</i> af		x	x			52	<i>Gomphonema parvulum</i>	x			x	x
9	<i>Cyclostephano dubius*</i> af					x	53	<i>Gomphonema pumilum</i>		x			
10	<i>Cyclotella meneghiniana</i> vr 1	x	x	x	x	x	54	<i>Gomphonema turris*</i>	x		x	x	
11	<i>Cyclotella meneghiniana</i> vr 2	x		x	x		55	<i>Hantzschia amphioxys</i>		x		x	x
12	<i>Cyclotella striata</i>	x	x	x	x	x	56	<i>Kobayasiella micropunctata</i> af			x		
13	<i>Cymbella ventricosa</i>		x			x	57	<i>Luticola mutica</i>	x	x	x	x	
14	<i>Cymbella minuta</i>			x		x	58	<i>Navicula cincta</i>					x
15	<i>Cymbella silesiacum</i>			x			59	<i>Navicula salinarum</i>					x
16	<i>Cymbellapsis metzettinii</i>	x	x				60	<i>Navicula veneta</i>	x	x			x
17	<i>Diploneis elliptica</i>	x	x	x	x	x	61	<i>Navivula oligotrappenta</i>		x			
18	<i>Diploneis ovalis</i>	x	x	x	x	x	62	<i>Nitzschia af levidensis</i>		x			
19	<i>Diploneis parma</i>	x				x	63	<i>Nitzschia af linearis</i>	x		x	x	x
20	<i>Encyonema muelleri</i> af	x					64	<i>Nitzschia angustata</i>					x
21	<i>Encyonema minuta</i>			x		x	65	<i>Nitzschia dubias</i>	x				
22	<i>Encyonema silesiacum</i>	x		x		x	66	<i>Nitzschia intermedia</i>		x		x	x
23	<i>Eunotia bidens</i>	x			x	x	67	<i>Nitzschia pararostrata</i>	x		x	x	x
24	<i>Eunotia bilunaris</i>	x		x	x		68	<i>Pinnularia af gigas</i>			x		
25	<i>Eunotia camelus</i> vr 1*	x	x			x	69	<i>Pinnularia angustriata</i>		x			
26	<i>Eunotia camelus</i> vr 2*	x	x	x	x	x	70	<i>Pinnularia aquanigrae*</i>	x				
27	<i>Eunotia camelus</i> vr 3*					x	71	<i>Pinnularia biglobosa</i>			x		
28	<i>Eunotia af exigua</i>	x					72	<i>Pinnularia borealis</i>	x				
29	<i>Eunotia deficiens</i>		x			x	73	<i>Pinnularia domingensis</i>		x		x	
30	<i>Eunotia didyma</i> vr 1	x	x	x	x		74	<i>Pinnularia elegantoides</i>		x			
31	<i>Eunotia didyma</i> vr 2*	x	x	x	x		75	<i>Pinnularia guadalupensis*</i>					x
32	<i>Eunotia didyma</i> vr 3*	x	x	x	x	x	76	<i>Pinnularia rupestris</i>	x				x
33	<i>Eunotia didyma</i> vr 4*	x	x	x	x	x	77	<i>Pinnularia sterrenburgii*</i>		x	x	x	x

Composición de especies por perfil sedimentario

En el perfil I se encontró 46 especies distribuidas en 17 géneros, de los cuales el más abundante fue el género *Eunotia* (16). Las especies únicas de este perfil fueron *Actinella* sp, *Encyonema* af *muelleri*, *Eunotia* af *exigua*, *Nitzschia* *dubais*, *Pinnularia* *aquanigrae*, *Pinnularia* *borealis* y *Sellaphora* *lambda*.

En el perfil II se contabilizaron 48 especies distribuidas en 21 géneros de los cuales los más abundantes son: *Eunotia* (14) y *Gomphonema* (6). Las especies *Aulacoseira* sp, *Coconeis* *placentula*, *Eunotia* *robernnhorstii*, *Gomphonema* af *angur*, *Gomphonema* *consector*, *Gomphonema* *pumilum*, *Navicula* *oligotrappenta*, *Nitzschia* af *levidensis*, *Pinnularia* *angustriata*, *Sellaphora* sp y *Sirurella* af *engleri* fueron encontradas sólo en este perfil.

En el perfil del medio correspondiente al III se registraron 41 especies en 16 géneros, siendo el más abundante *Eunotia* (14). Las especies únicas encontradas en este perfil son: *Cymbella* *silesiacum*, *Eunotia* *itapuana*, *Kobayasiela* af *micropunctata* y *Pinnularia* *biglobosa*.

En el perfil IV se encontró el número menor de especies, 32 distribuidos en 12 géneros, siendo el más abundante *Eunotia* (10) y encontrándose sólo una especie única del perfil, *Thalassiosira* *maculata*.

Esta última especie corresponde a un nuevo registro.

En el perfil más superficial V fueron contabilizadas 48 especies distribuidas en 17 géneros, siendo el más abundante *Eunotia* (14) y las especies *Cyclostephano* af *dubius*, *Eunotia* *camelus* vr. , *Eunotia* *tecta*, *Navicula* *cincta*, *Navicula* *salinarum*, *Nitzschia* *angustata*, *Pinnularia* *guadalupensis* y *Pinnularia* *viridis* fueron encontradas sólo en este perfil.

Índice de Similitud

El índice de similitud entre perfiles sedimentarios de la playa de San Bernardino, arrojó valores por lo general bajos (**Tabla 3**). Los perfiles con mayor similitud son el III-IV con 26,3% y III-IV con 25% de similitud; y los índices más bajos fueron el 1-4 con 6,5 % y 2-4 con 8,7% de similitud. Se puede decir que con estos valores la flora diatomológica fue cambiando entre perfiles por diferentes factores ambientales o influencia humana, pues se trata de una playa municipal con uso recreativo.

TABLA 3: Índice de similitud entre perfiles de la playa San Bernardino. Cuadrante izquierdo índice de similitud de Jaccard y cuadrante derecho especies compartidas.

Perfiles	I	II	III	IV	V
I		6	5	2	8
II	0,158		4	2	4
III	0,132	0,129		5	7
IV	0,065	0,087	0,263		3
V	0,222	0,125	0,25	0,136	

Los valores de Similitud para las muestras del río Salado arrojaron valores medio a medio bajo (**Tabla 4**), que van desde 50% para los perfiles 1-3, seguido del 3-4 con un valor de 46% y arrojando los valores más bajos con 33,3 % en perfiles 2-4 y 32,8% en los perfiles 2-3. Estos índices de similitud entre perfiles sedimentarios del río Salado son ligeramente mayores que entre perfiles del lago, lo que puede deberse a que el humedal de este río actúa como un amortiguador para los contaminantes provenientes del lago, por tanto, las comunidades de diatomeas son menos variables en función al tiempo, generando así un microambiente estable para estas comunidades.

TABLA 4: Similitud entre perfiles del río Salado. Cuadrante izquierdo índice de similitud de Jaccard y cuadrante derecho especies compartidas.

Perfiles	I	II	III	IV	V
I		24	29	24	27
II	0,343		22	20	27
III	0,5	0,328		23	24
IV	0,444	0,333	0,46		22
V	0,403	0,391	0,369	0,379	

En cuanto presencia y ausencia en ambas columnas sedimentarias se encontró un bajo índice de similitud con un valor de 17,4 %, solo 21 especies en común de las 121 especies encontradas en ambas columnas sedimentarias; esto puede deberse a que existe una gran diferencia de ambientes entre ambos puntos debido a las características expuestas.

Discusión y Conclusiones

De las columnas sedimentarias analizadas la mayor riqueza de especies fue encontrada en la playa de San Bernardino, con un total de 54 especies identificadas distribuidas en 22 géneros. En cambio, en el río Salado se encontró una riqueza de 46 especies distribuidas en 17 géneros. En ambos puntos de muestreo se registraron 21 especies que son nuevos registros para la región como para el Paraguay.

La similitud entre puntos de muestreo fue muy baja (17,4 %), con 21 especies en común de las 121 identificadas. En cuanto a la similitud por perfil sedimentario los valores más bajos fueron encontrados en la playa de San Bernardino con valor máximo de 26,3% y mínimo de 6,5 % de similitud. Esto puede deberse a las condiciones tanto ambientales como humanas, que en época de veraneo suelen rellenar con arena blanca o se realizan tratamientos químicos por el crecimiento de algas verdeazuladas. Los perfiles del río Salado obtuvieron un valor un poco más elevado con el valor máximo de 50 % y mínimo de 32,8 % de similitud, esto puede deberse a los humedales que rodean dicho río.

El género *Aulacoseira* es uno de los más exitosos en cuanto distribución en el tiempo y el espacio, sobre todo centrada en agua dulce (Wher y Sheath, 2003) por eso en la mayoría de los casos estudiados sobre estructuras de la flora diatomológicas este género está.

Las poblaciones de *Nitzschia* pueden acumularse hasta grandes números, lo que resulta en un color dorado en la superficie del sedimento. Se reconocen muchas especies de este género como indicadores de enriquecimiento orgánico o la contaminación de las aguas en la que habitan (Wher y Sheath, 2003), encontrándose siete especies del total de 54 especies identificadas para la playa de San Bernardino y seis de 88 especies para el río Salado.

Navicula ha sido tradicionalmente un género donde especies que no encajan en otros géneros se han colocado en esta clasificación, debido a esto tiene una gran colección de taxones que no están relacionados entre sí. En ambas columnas sedimentarias fueron encontrados.

Dentro de género *Eunotia*, las especies muestran un rango de tolerancia con las concentraciones de nutrientes y contaminantes orgánicos. Algunas especies que están restringidas a las aguas oligotróficas (Wher y Sheath, 2003) son las más representativas de la familia Eunotiaceae, en aguas continentales y ligeramente ácidas a ácidas (Ortiz-Lerín y Cambra, 2007), por lo que fueron encontradas en su mayoría y con gran número de especies en todos los perfiles del río Salado, sin embargo, para la playa San Bernardino fueron encontradas en todos los perfiles, pero solo representadas por una o dos especies para cada perfil.

Pinnularia es un género que posee un hábitat de aguas oligotróficas, continentales y valores bajos de pH característicos de lagos y pantanos ligeramente ácidos (Cavalcante et al. 2013; Wher y Sheath, 2003). Este género aparece en todos los perfiles del río Salado representada por diferentes especies en cambio para la playa San Bernardino una solo especie la *Pinnularia sterrenburgii*.

La mayoría de las especies del género *Gomphonema* se encuentran a través de una amplia gama de valores de pH, las que en su mayoría resultan ser neutrófilas como en el caso de la *Gomphonema parvulum* única especie encontradas en el perfil I de la playa de San Bernardino y *Gomphoenma clavatum* encontrada en sedimentos del río Salado. La mayoría de las especies de este género encontradas en el río Salado corresponde a especies alcalífilas.

Referencias bibliográficas

- Bicudo, C. y Menezes, M. (2006). *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil (chave para identificação e descrições)*. Segunda edição. São Carlos: RiMa.
- Brenner, M. y Ariztegui, D. (2002). Limnología y Paleolimnología de Peten, Guatemala. *Revista Universidad del Valle de Guatemala* 12, 2-8.
- Caballero, M., Valadez, F. y Rodríguez, A. (2013). *Paleolimnología: Como descifrar la historia de los lagos y su entorno a partir del estudio de sus sedimentos*. México.
- Cavalcante Pereira, A., Carvalho Torgan, L. y Melo, S. (2013). *Pinnularia Ehrenberg (Bacillariophyceae) de um lago de inundação amazônico (lago Tupé, Amazonas, Brasil)*. *Iheringia*, 68(1), 91-101.
- Curtis, H. y Schnek, A. (2008). *Biología* (7a ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Delgado, M., Lozano, F. y Facetti, J. (2014). Aspectos limnológicos del Lago Ypacaraí estudios hídricos III. *Rev. Soc. Científica*, 19, 81-96.

- Escobar, J., Restrepo, J. y Martínez, J. (2005). La paleolimnología como herramienta para el estudio y manejo de embalses. *Gestión y Ambiente* 8(2), 51-59.
- Frey, D.G. (1988). What is paleolimnology?. *J Paleolimnol.* 1(5), 5-8. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00202189>.
- Ortiz-Lerín, R. y Cambra, J. (2007). Distribution and taxonomic note of *Eunotia* Ehrenberg 1837 (Bacillariophyceae) in rivers and streams of Northern Spain. *Limnetica* 26(2), 415-434.
- Prescott, G.W. (1970). *Algae of the Western Great Lakes Area*. Revised Edition. Brown Company Publishers.
- Protocolos de Muestreos y Análisis para Fitobentos (Microalgas Bentónicas), (2005). *Metodologías para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua*. Confederación Hidrográfica del Ebro con la asistencia técnica de URS.
- Ramírez, H., Zárate del V, P., García, G.M., Torre, V.O., Israde, A.I. y Meulenert Peña, A. (2007). Disolución de sílice biogénica en sedimentos de lagos utilizados como bioindicadores de calidad del agua. *e-Gnosis* 5, 1-19.
- Ritterbusch, B. (1988). Estudio limnológico del lago Ypacaraí. Instituto de Ciencias Básicas Universidad Nacional. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturaleza del Litoral*, 19(1), 11-26.
- Ruiz-Fernández, A. (2012). *Radiocronología de Sedimentos Costeros Utilizando ²¹⁰Pb: Modelos, Validación y Aplicaciones*. Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena.
- Smoll, J. P. (2009). *Paleolimnology. Biological Integration*. Queen's University, Kingston, ON, Canada. Elsevier.
- Wher, J. y Sheath, R. (2003). *Freshwater. Algae of North America. Ecology and Classification*. Elsevier Science.