

Estructura y controles abióticos del fitoplancton en humedales de altura

VIRGINIA MIRANDE^{1, 2, 3, ✉} & BEATRIZ C TRACANNA^{1, 2, 4}

1. Instituto de Fecología, Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
2. ILINOA, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.
3. Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), Subsede Diamante.
4. CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

RESUMEN. El mal manejo de los humedales de altura está conduciendo a un deterioro acelerado de estos ambientes dinámicos y frágiles. El objetivo de este trabajo es estudiar la abundancia, la biomasa y la diversidad de algunos componentes del fitoplancton de humedales altoandinos de la provincia de Jujuy, en relación a variables ambientales como la conductividad eléctrica y el pH del agua, y la altura sobre el nivel del mar y el tamaño de las lagunas. Se analizaron 16 lagunas en las que se documentó su altura sobre el nivel del mar, superficie, la conductividad eléctrica y el pH del agua, y la abundancia, biomasa y diversidad de algunos componentes del fitoplancton. La conductividad eléctrica permitió clasificar las lagunas en alcalinas, salinas e hipersalinas. Las lagunas de salinidad intermedia mostraron las mayores densidades algales, aportadas principalmente por *Chlamydomonas tremulans* Rodhe et Skuja y, por ende, la menor diversidad, mientras que en las hipersalinas y de dimensiones pequeñas se documentaron las menores densidades algales, correspondientes exclusivamente a Cyanophyta. Las Euglenophyta sobresalieron en particular en la laguna Pululos, ambiente salino en el que resultaron dominantes. La altitud de la laguna y su pH explicaron una proporción importante de la variación en la abundancia y la biomasa de Cyanophyta y de Chlorophyta en las lagunas analizadas.

[Palabras clave: abundancia, diversidad, biomasa, conductividad, pH, Jujuy, Argentina]

ABSTRACT. Structure and abiotic controls of phytoplankton in high wetlands: Structure and abiotic controls of phytoplankton in high wetlands. The mismanagement of high wetlands is driving to accelerated deterioration of these fragile and dynamical environments. The aim of this paper is to study the abundance, biomass and diversity of some components of phytoplankton from high wetlands belonging to Jujuy Province, in relation to environmental variables such as water electrical conductivity and pH of the water, and altitude and size of the gaps. A sampling, including the study of 16 lakes, was realized in summer. The studied variables were altitude, area of the water body, electrical conductivity, pH, absolute algal density, biomass and diversity. According of results the water bodies were alkaline and with different salinities in base of the conductivities. The highest algal densities were obtained in lakes with intermediate salinities because principally to *Chlamydomonas tremulans* Rodhe et Skuja and, therefore, the least diversity, while in hypersaline and smallest lakes were the least values of abundance, correspondence exclusively to Cyanophyta. The Euglenophyta were prominent especially in Pululos Lake, saline environment where these were dominant. Finally, we would like comment the importance in the studied wetlands of non-biotic factors as altitude and pH, and biotic factors as density and/or biomass of Cyanophyta and Chlorophyta for delimitation of habitat and biota.

[Keywords: abundance, diversity, biomass, conductivity, pH, Jujuy, Argentina]

✉ Instituto de Fecología, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. ILINOA (Instituto de Limnología del Noroeste Argentino), Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), Subsede Diamante. virginiamirande@yahoo.com.ar

Recibido: 4 de agosto de 2008; Fin de arbitraje: 26 de diciembre de 2008; Revisión recibida: 12 de abril de 2009; Segunda revisión recibida: 18 de mayo de 2009; Aceptado: 21 de junio de 2009

INTRODUCCIÓN

El desconocimiento de la importancia socioeconómica y ecológica, y el mal manejo de numerosos humedales de altura están conduciendo a un deterioro acelerado de estos ambientes dinámicos y frágiles. La fragilidad de estos ecosistemas está asociada a causas naturales como sequías extremas, alta irradiación, fuertes vientos y grandes amplitudes térmicas, pero también es acelerada por la intervención humana (agricultura, sobrepastoreo, minería a cielo abierto, etc.). Estos ecosistemas son esenciales para el funcionamiento de las pequeñas cuencas hidrográficas altoandinas y proporcionan refugios temporales para aves migratorias, mamíferos como la vicuña, el guanaco y la chinchilla (Caziani & Derlindati 1999). En la actualidad también se los valoriza como recarga de acuíferos, mitigación de inundaciones y erosiones, retención, transformación y remoción de sedimentos, nutrientes y contaminantes, reciclado de la materia orgánica y reservas de agua (Coconier 2005; Dirección de Recursos Ictícolas y Acuícolas 2006).

La información sobre la estructura y el funcionamiento del fitoplancton de los humedales de altura, así como de sus controles ambientales, es escasa. Un estudio sobre la flora diatomológica de humedales de altura de la provincia de Jujuy identificaron 51 géneros y 157 taxones infragenéricos (excluyendo las especies de *Navicula* "sensu stricto"), y observaron una mayoría de especies bentónicas capaces de vivir en ambientes someros, sometidos a desecaciones (Van Dam et al. 1994). Esto se correspondió con la escasa profundidad de algunos de los ambientes estudiados (Seeligmann et al. 2008). Asimismo, encontraron que la riqueza específica de diatomeas se correlacionó de forma positiva con la altura sobre el nivel del mar, tanto para sitios ubicados en la Puna como en la Cordillera Oriental. Respecto a los otros grupos algales, Mirande & Tracanna (2007), describieron 40 taxones que fueron en especial cosmopolitas y de medios salobres. Estos taxones pertenecían en su mayoría a cianofitas y clorofitas, y una minoría a euglenofitas. También documentaron la presencia de especies raras en estos sistemas.

Algunos estudios realizados en otros ecosistemas han documentado que la mayoría de los taxones son sensibles a los incrementos de salinidad (Hart et al. 1991; Nielsen et al. 2003). Los aumentos de salinidad ocasionan una disminución de las diatomeas, tanto en abundancia como en riqueza (Iltis et al. 1984; Blinn 1993; Blinn & Bailey 2001), fenómeno que también se ha observado en ecosistemas locales (Seeligmann et al. 2008). Algunas algas unicelulares producen quistes de resistencia que les permiten sobrevivir a salinidades altas. Por ejemplo, *Dunaliella salina* Teod. sufre cambios morfológicos y fisiológicos para sobrevivir a un amplio rango de concentraciones salinas (Borowitska 1981; Nielsen et al. 2003).

El objetivo de este trabajo es estudiar la abundancia, la biomasa y la diversidad de algunos componentes del fitoplancton de humedales altoandinos de la provincia de Jujuy, en relación a variables ambientales como la conductividad eléctrica y el pH del agua, y la altura sobre el nivel del mar y el tamaño de las lagunas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

En el extremo noroccidental de la provincia de Jujuy, las lagunas de Vilama (22° 30' S, 66° 55' W) y la de Pozuelos (22° 20' S 66° 00' W), situadas respectivamente a 4500 y 3500 metros de altura y distanciadas por 100 km, corresponden a áreas protegidas internacionalmente como sitios Ramsar. El primero, la Reserva Provincial Altoandina de la Chinchilla o Lagunas de Vilama, de 157000 ha, incluye más de una decena de lagunas alimentadas por aguas surgentes de los bofedales o vegas y de los deshielos, de fisonomías muy variables. Presenta ambientes lacustres salinos, pequeños y profundos, como Caití, Isla Grande, Cerro Negro, Colpayoc y Pululos; otros salinos-hipersalinos, de tamaño intermedio (Arenal, Catal); y lagunas hipersalinas más grandes y someras (Palar, Vilama) (Caziani & Derlindati 1999, 2000). Además del ambiente riguroso y la gran altitud, la región es de difícil acceso y casi no existen huellas para recorrerla. La población humana es muy escasa y no permanente,

formada por pastores que residen en el pueblo de Lagunilla del Farallón, quienes en noviembre o diciembre suben las llamas a las vegas de Vilama y las cuidan de manera esporádica durante el transcurso de la estación húmeda (Caziani & Derlindati 1999). El segundo sitio Ramsar, el Monumento Natural Laguna de Pozuelos, abarca una superficie de 16470 ha e incluye únicamente a dicha laguna, que es la de mayor extensión dentro de la puna jujeña. Este cuerpo de agua salobre ha estado sometido a importantes fluctuaciones volumétricas en los últimos años. Se caracteriza por una salinidad muy variable en las diferentes épocas del año de acuerdo con las variaciones de volumen, en lo cual influyen factores como la corriente del Niño, precipitaciones, deshielos, etc., con valores de superficie máxima de hasta 110 km² (Caziani et al. 2001; Coconier 2005).

Diseño del muestreo

Entre el 21 de enero y el 1 de febrero 2005, se realizó un muestreo que incluyó las lagunas Pozuelos, trece del sistema Vilama, Los Enamorados y Runtuyoc. La reducción volumétrica de la laguna Palar, separada en dos sectores de tamaños diferentes, muy próximos entre sí, hizo que se consideraran dos sitios llamados Palar Chica y Palar Grande. Los sitios se clasificaron a partir de datos de conductividad eléctrica, pH, altitud (msnm) y superficie del cuerpo de agua. La conductividad eléctrica y el pH se midieron con un conductímetro Altronix, modelo CT-1 y un peachímetro digital portátil Altronix, modelo TPA-1. La posición y altitud de los sitios de muestreo se tomaron mediante un GPS 12 XL. Asimismo, se utilizaron datos bibliográficos mencionados en Caziani & Derlindati (1999) y Caziani et al. (2001). Para la numeración de los sitios de muestreo se tuvieron en cuenta la altura sobre el nivel del mar y la superficie del cuerpo de agua (Tabla 1).

Para la clasificación según la conductividad eléctrica se utilizaron categorías numéricas a partir de datos propios y de otros autores (Caziani & Derlindati 1999; Caziani et al. 2001). Se consideraron 1=salina (1150-8700 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 2=salina-hipersalina (22500-40300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y 3=hipersalina (108300-268800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

El estudio del fitoplancton no incluyó diatomeas. Se tomaron dos muestras por sitio mediante extracciones subsuperficiales en envases plásticos de 250 cm³, realizadas a varios metros de la orilla según el cuerpo de agua, y fueron fijadas "in situ" con formaldehído diluido al 4%. Se consideró la abundancia absoluta de la ficoflora y la observación del material colectado se efectuó con cámara de sedimentación de 10 mL en microscopio invertido Zeiss ID02. Se contó un número de campos elegidos al azar, con una confianza del 95% ($\alpha=0.05$). Las algas unicelulares, coloniales y filamentosas fueron consideradas como unidad "individuo". La bibliografía utilizada para la identificación de los taxa es indicada en Mirande & Tracanna (2007).

La diversidad específica se calculó a partir del índice de Shannon-Weaver. La diversidad se consideró en un rango entre 0 y 4, y se consideró intermedia a una diversidad de 1.5 (Hewitt 1991). La biomasa algal se obtuvo a partir del biovolumen promedio de los ejemplares ($\mu\text{m}^3/\text{individuo}$) que fueron contados y, posteriormente, multiplicados por la abundancia absoluta (individuos/mL) correspondiente, expresándose los resultados en peso seco (mg/mL de carbono). Las fórmulas geométricas se basaron principalmente en Lewis (1976) y Rott (1981).

Se empleó el coeficiente de correlación de Pearson para estudiar las relaciones significativas y altamente significativas ($\alpha=0.05^*$, 0.01^{**}) entre los datos abióticos y bióticos estudiados. Las muestras en relación con las variables abióticas y bióticas seleccionadas (altura, superficie, salinidad, pH, abundancia absoluta de Cyanophyta, Chlorophyta y Euglenophyta, biomasa de las taxocenosis estudiadas y diversidad específica) se analizaron a través de un análisis de componentes principales (ACP). Se utilizaron valores normalizados y estandarizados y la matriz de correlación, los cuales fueron procesados mediante el programa NTSYS (Rohlf 1990).

RESULTADOS

Los humedales presentaron aguas alcalinas y, si se considera cada cuerpo lacustre de modo

Tabla 1. Ubicación y características ambientales de las lagunas estudiadas.**Table 1.** Location and environmental features of the studied wetlands.

	Sitios	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Superficie (ha)	pH	Conductividad (µS/cm)	Salinidad
s1	Laguna Pozuelos	22°20'29" S	65°57'20" W	3504	16470**	8	2000	salina
s2	Laguna Isla Grande	22°36'21" S	66°48'23" W	4400	450*	9	8050*	salina
s3	Laguna Catal	22°42'01" S	66°42'08" W	4320	1080*	9	40300*	salina-hipersalina
s4	Laguna Arenal	22°40'14" S	66°41'58" W	4631	1620*	10	22500*	salina-hipersalina
s5	Laguna Cerro Negro	22°30'44" S	66°41'31" W	4400	900*	8	1270*	salina
s6	Laguna Pululos	22°32'43" S	66°47'53" W	4413	990*	8	1380	salina
s7	Laguna Caití	22°32'43" S	66°45'50" W	4573	180*	9	1150*	salina
s8	Laguna Guinda	22°47'55" S	66°50'22" W	±4410	<70	11	123760	hipersalina
s9	Laguna Honda	22°49'11" S	66°51'01" W	±4410	<70	11	116880	hipersalina
s10	Laguna Blanca	22°50'10" S	66°55'07" W	±4410	<70	11	130560	hipersalina
s11	Laguna Vilama	22°36'21" S	66°55'23" W	4400	4590*	8	268800*	hipersalina
s12	Laguna Colpayoc	22°39'50" S	66°51'36" W	4389	180*	10	2970*	salina
s13	Laguna Palar Chica	22°40'24" S	66°48'41" W	4309	2250*	8	108300**	hipersalina
s14	Laguna Palar Grande	22°40'24" S	66°48'41" W	4309	2250*	8	108300**	hipersalina
s15	Laguna Runtuyoc	22°39'31" S	65°41'33" W	3482	<70**	8	1516	salina
s16	Laguna Los Enamorados	22°43'30" S	65°41'30" W	3482	<70**	7	8700	salina

Fuentes: Caziani & Derlindati 1999 (*) y Caziani et al. 2001 (**)

particular, tuvieron una salinidad y superficie variable (Tabla 1).

El fitoplancton estuvo representado por Cyanophyta, Chlorophyta y Euglenophyta. En las lagunas de salinidades intermedias se obtuvieron las máximas densidades algales, de hasta 7426 individuos/mL en Catal, mientras que en las hipersalinas y de dimensiones pequeñas se dieron los menores registros (24-43 individuos/mL). Las Cyanophyta do-

minaron en nueve de los sitios considerados, en los cuales contribuyeron con más del 85% de los individuos hallados (Figura 1). El mayor valor observado (3298 individuos/mL) fue en Runtuyoc y se debió a los aportes dados principalmente por *Phormidium molle* Gomont y *P. tergestinum* (Kütz.) Anagnostidis et Komárek. Las densidades más bajas se localizaron en Colpayoc, Arenal y Palar Grande (4-9 individuos/mL), y no se observaron en Catal. Las Cyanophyta presentaron

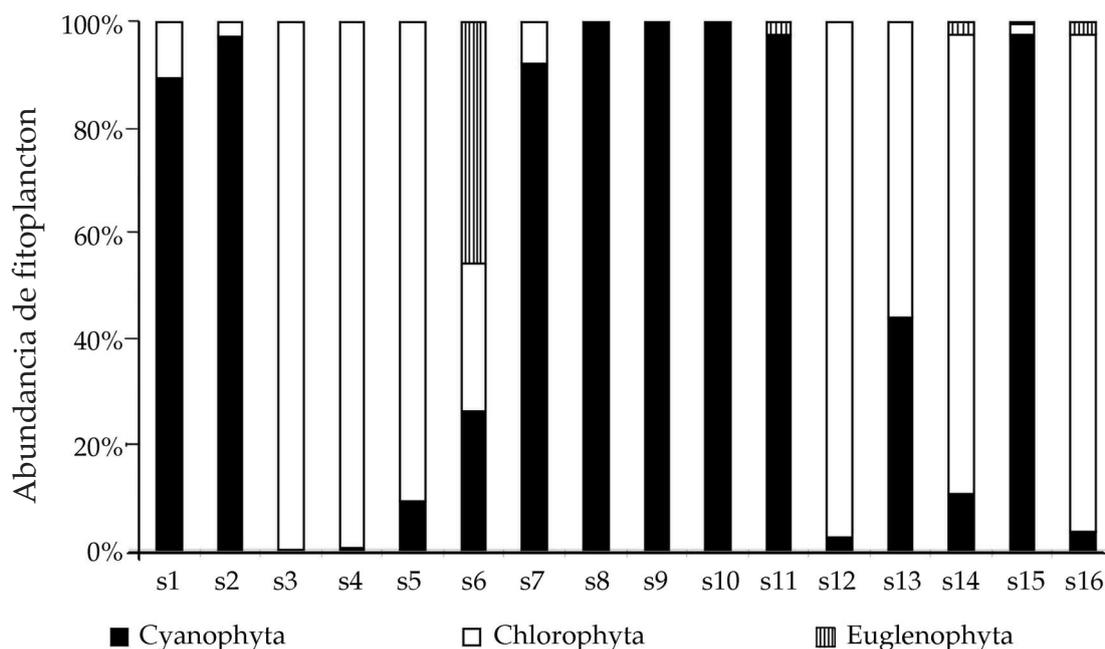


Figura 1. Abundancia del fitoplancton (%). Referencias: 1. Laguna Pozuelos; 2. Laguna Isla Grande; 3. Laguna Catal; 4. Laguna Arenal; 5. Laguna Cerro Negro; 6. Laguna Pululos; 7. Laguna Caití; 8. Laguna Guinda; 9. Laguna Honda; 10. Laguna Blanca; 11. Laguna Vilama; 12. Laguna Colpayoc; 13. Laguna Palar Chica; 14. Laguna Palar Grande; 15. Laguna Runtuyoc; 16. Laguna Los Enamorados.

Figure 1. Abundance of phytoplankton (%). References: 1. Pozuelos Lake; 2. Isla Grande Lake; 3. Catal Lake; 4. Arenal Lake; 5. Cerro Negro Lake; 6. Pululos Lake; 7. Caití Lake; 8. Guinda Lake; 9. Honda Lake; 10. Blanca Lake; 11. Vilama Lake; 12. Colpayoc Lake; 13. Palar Chica Lake; 14. Palar Grande Lake; 15. Runtuyoc Lake; 16. Los Enamorados Lake.

una correlación negativa significativa con la altura (-0.537*) y se destacaron en siete humedales con una predominancia superior al 50%. En general, este grupo tuvo menos de 75 individuos/mL, salvo en cinco de los ambientes muestreados (Catal presentó el máximo valor, 7420 individuos/mL aportado por *Chlamydomonas tremulans* Rodhe et Skuja). Las Euglenophyta, censadas en seis sitios, sobresalieron especialmente en Pululos, ambiente en que ocuparon el primer término en dominancia, con 126 individuos/mL, correspondientes en su mayor parte a *Euglena proxima* Dangeard (Figuras 1 y 2).

Los mayores valores de diversidad de los grupos estudiados se registraron en las lagunas Vilama, Palar Chica y Pozuelos que fluctuaron entre 2.01-2.85 y el más bajo (0.01) correspondió al humedal salino-hipersalino de Catal (Figura 2).

Los registros más altos de biomasa se obtuvieron en Pozuelos y Runtuyoc, con 34.8 y 14 mg/mL respectivamente, debido especialmente a las Chlorophyta en el primero y a las Cyanophyta en el segundo. En los otros ambientes, los registros fueron inferiores a 5 mg/mL (Figura 3). Asimismo, la biomasa se correlacionó significativamente con la altura sobre el nivel del mar (-0.638**) y el área lacustre (0.867**).

El análisis de componentes principales mostró que los ejes 1 y 2 explicaron 84 y 8% de la varianza total, respectivamente. El componente uno ordenó a las lagunas hipersalinas y pequeñas hacia la parte positiva y hacia la negativa a las muestras de Pozuelos y Runtuyoc. Las variables que contribuyeron a este ordenamiento en el eje uno (autovectores >0.60) fueron la altura (0.75), pH (0.74), biomasa (-0.71) y abundancia (-0.63) de Cyanophyta y la diversidad específica (-0.65). En

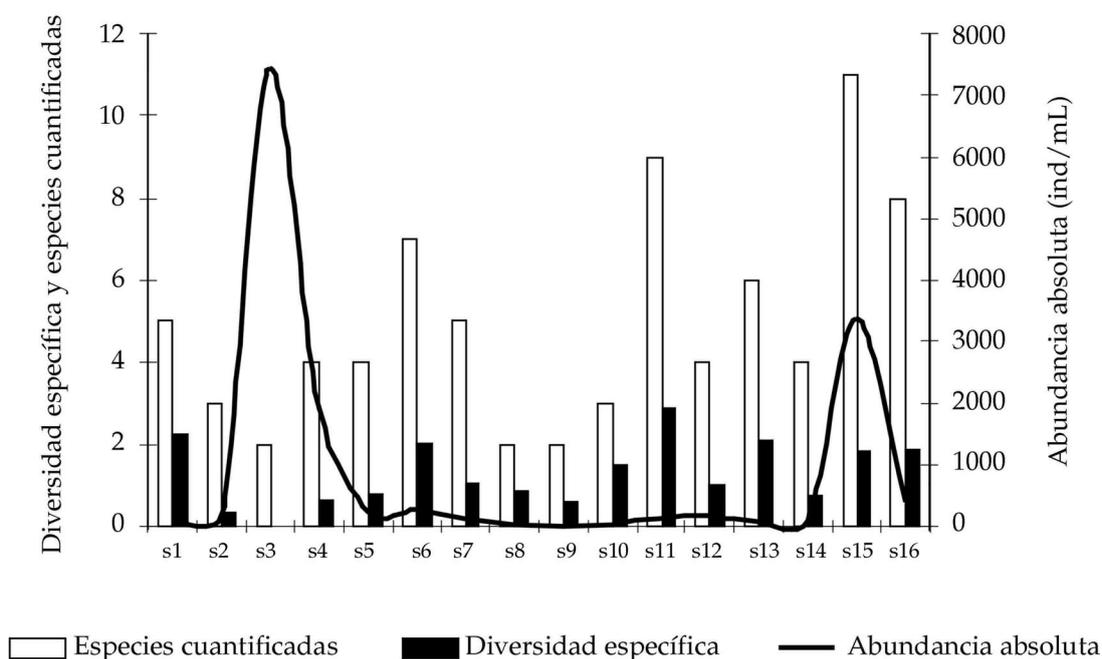


Figura 2. Número de especies cuantificadas, abundancia absoluta (individuos/mL) y diversidad específica. Referencias: ver Figura 1.

Figure 2. Number of species quantified, absolute abundance (individuals/mL) and species diversity. References: see Figure 1.

el eje dos las variables que contribuyeron a la ubicación de las muestras (autovectores >0.60) fueron las abundancias absolutas de Chlorophyta (0.80) y de Cyanophyta (-0.64). Este eje agrupó en el lado positivo a las lagunas que tuvieron ≥ 75 individuos/mL de clorofitas y ≤ 70 individuos/mL de cianofitas, y en el negativo a aquellas con ≤ 69 individuos/mL de la primera y ≥ 25 individuos/mL de la segunda (Figura 4).

DISCUSIÓN

La altura sobre el nivel del mar fue la variable ambiental que principalmente contribuyó a la separación de hábitats. Reboratti (2005) resaltó la importancia de la altitud en las regiones puneñas y altoandinas debido a que controla las temperaturas y precipitaciones y, por ende, el modo en que se distribuyen las amplitudes térmicas y las escasas lluvias, fundamentales para la vida y la formación de suelos completos y cobertura vegetal. No debe olvidarse

que las fluctuaciones térmicas y pluviométricas también afectan las características de los cuerpos de agua (e.g., conductividad, pH, superficie de la cubeta) y, por consiguiente, la biota que los habita. Respecto a este último aspecto, nuestros resultados mostraron que la altura afectó de manera negativa a la biomasa de las cianobacterias, en contraposición a lo observado para las diatomeas por Seeligmann et al. (2008), quienes obtuvieron una correlación positiva entre su riqueza específica y la altitud.

La diversidad del fitoplancton mostró valores muy bajos en la laguna salina-hipersalina de Catal, aunque no se correlacionó con las variables ambientales estudiadas. Esto probablemente estaría vinculado a que el aumento de la evaporación conduciría a una reducción de la profundidad e incremento de concentraciones de sales que alterarían la disponibilidad de hábitats (Caziani & Derlindati 2000), el crecimiento de macrófitas y la composición del plancton (Bos et al. 1996; Drago & Quirós

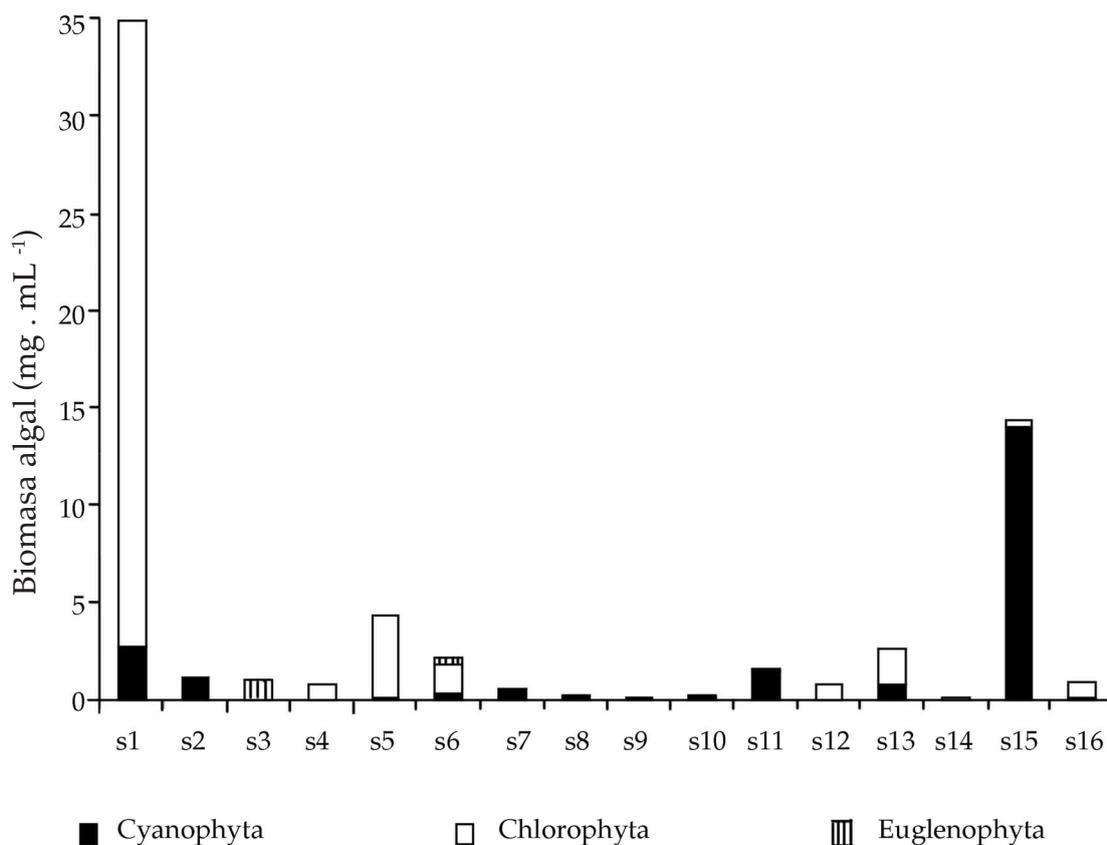


Figura 3. Biomasa algal. Referencias: ver en Figura 1.

Figura 3. Algae biomass. References: see in Figure 1.

1996; Santamaría et al. 1996). Estos cambios favorecerían el desarrollo de unas pocas especies, hecho también observado en las lagunas salinas-hipersalinas de Catal y Arenal con *Chlamydomonas tremulans* Rodhe et Skuja.

El fitoplancton mostró sensibilidad a los aumentos de salinidad, ya que las mayores densidades de individuos se detectaron en los ambientes salinos. Hubieron excepciones, e.g. *Chlamydomonas tremulans* Rodhe et Skuja, cuyos máximos se dieron en los cuerpos salinos-hipersalinos, aunque también se registró en los otros espejos de agua, lo que revela su amplio rango de tolerancia. Esta especie fue descrita como integrante del plancton marino (Huber-Pestalozzi 1961). Otros taxones hallados en los tres tipos de ambientes estudiados fueron *Leptolyngbya valderiana* (Gom.) Anagnostidis et Komárek y *Phormidium breve* (Kütz. ex Gom.) Anagnostidis et Komárek, am-

bos citados en la literatura como cosmopolitas, encontrados en aguas dulces y salobres (Komárek & Anagnostidis 2005). La cianobacteria *P. molle* Gomont sólo estuvo representada en ambientes salinos por más que su distribución geográfica y tolerancia de sales son amplias, desde dulceacuícola a salobre (Komárek & Anagnostidis 2005). Entre las Chlorophyta, además de la *Chlamydomonas* antes citada, sólo *Raciborskiella salina* Wislouch manifestó una cierta tolerancia a la salinidad, con su máximo de individuos en Arenal, lo cual fue coincidente con su afinidad a aguas salobres, de acuerdo a Huber-Pestalozzi (1961). Dentro de las Euglenophyta, las únicas registradas a altas concentraciones salinas fueron *Euglena erhenbergii* Klebs y *E. proxima* Dangeard, si bien presentaron baja densidad. En cambio, el mejor desarrollo lo presentaron en los cuerpos de agua con salinidades menores, aunque ambas

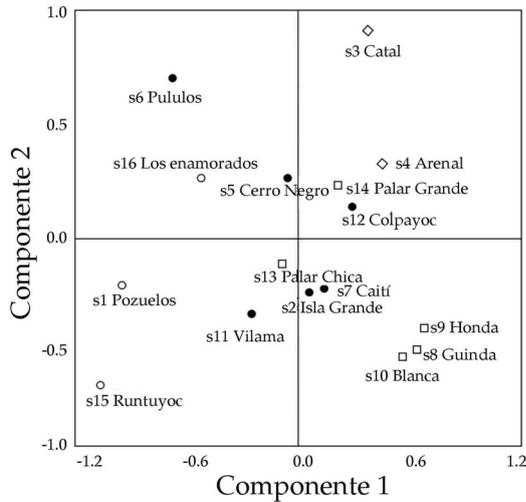


Figura 4. Análisis de Componentes Principales de los sitios de estudio en relación con las variables abióticas y bióticas seleccionadas (altura, área, conductividad, pH, abundancia absoluta de Cyanophyta, Chlorophyta y Euglenophyta, biomasa total y diversidad). Ambientes hipersalinos (rectángulo blanco: >4000 msnm); ambientes salinos-hipersalinos (rombo blanco: >4000 msnm); ambientes salinos (círculo blanco: <4000 msnm, y círculo negro: >4000 msnm).

Figure 4. Principal Component Analysis of the study sites in relation to selected abiotic and biotic variables (altitude, area, conductivity, pH, absolute abundance of Cyanophyta, Chlorophyta and Euglenophyta, total biomass and diversity). Hypersaline environments (white rectangle: >4000 masl); saline-hypersaline environments (white diamond: >4000 masl); saline environments (white circle: <4000 masl, and black circle: >4000 masl).

especies sean descriptas como cosmopolitas (Margalef 1983; Tell & Conforti 1986).

En los cuerpos de agua estudiados se registraron especies capaces de producir floraciones en situaciones ambientales apropiadas, como ser *Microcystis flos-aquae* (Witttr.) Kirchner y *Nodularia spumigena* Mertens. Algunas cepas de estas cianobacterias pueden ser potencialmente tóxicas, dado que producen las cianotoxinas nodularina y microcistina, que son hepatotoxinas constituidas por pentapéptidos o heptapéptidos, respectivamente (Campos et al. 2005). Así como en otras regiones del país, en el noroeste argentino son escasos los estudios de toxicidad en áreas relacionadas a flo-

raciones de algas (Meichtry de Zaburlín 1994; Pizzolón 1996; Tracanna et al. 1996; García de Emiliani & Emiliani 1997; Zalocar de Domitrovic et al. 1998; Pizzolon et al. 1999; Zalocar de Domitrovic 2003). A nivel mundial se han documentado casos de mortandad de ganado, aves y otros animales debido a la ingesta directa de algas (Carmichael & Falconer 1993; Skulberg et al. 1993; Lahti 1997; Namikoshi et al. 2003). En humanos, un estudio reveló la muerte de 84% de los pacientes de un centro de hemodiálisis en Caruaru (Brasil) por el uso para diálisis de agua con un elevado contenido de microcistinas (Lahti 1997). Otros géneros con representantes potencialmente tóxicos, productores de hepatotoxinas en los florecimientos algales, pertenecen a *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Hapalosiphon*, *Coelosphaerium*, *Cylindrospermopsis*, *Gloeotrichia*, *Lyngbya*, *Tolypothrix* y *Anabaenopsis* (Zalocar de Domitrovic & Forastier 2005).

Por último, la combinación de la escasa profundidad de estos ambientes, con profundidades máximas dentro del sistema Vilama de 2.13 m (Colpayoc) y 1.22 m (Pululos) (Caziani & Derlindati 2000), y la presencia de brisas o vientos continuos, conduciría a que el fitoplancton resuspenda reiteradamente en períodos cortos de tiempo. Mientras tanto, los cambios en niveles de agua y en fluctuaciones de salinidad afectarían, a largo plazo, a las taxocenosis estudiadas, tal como fuera observado en una laguna limítrofe entre Austria y Hungría (Padisák & Dokulil 1994). En este sentido, es evidente la necesidad de un número mayor de monitoreos para lograr un conocimiento mejor del funcionamiento de estos ecosistemas y para poder evaluar así el impacto de la actividad minera. En este último caso, las perforaciones mineras están conduciendo al secado de los bofedales o vegas, esenciales fuentes acuíferas para las lagunas de altura. Por último, es importante que estas áreas sean protegidas y valoradas de manera efectiva como recursos para las generaciones futuras.

AGRADECIMIENTOS

Con este trabajo se quiere expresar nuestra sincera gratitud a la Dra. Sandra Caziani, quien

falleció al poco tiempo de este muestreo, por habernos invitado a participar en el Proyecto Status y conservación de los flamencos altoandinos, subsidiado por Wildlife Conservation Society, del cual fuera Directora, así como a todo su grupo de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BLINN, DW. 1993. Diatom community structure along physicochemical gradients in saline lakes. *Ecology* **74**:1246-1263.
- BLINN, DW & PCE BAILEY. 2001. Land-use influence on stream water quality and diatom communities in Victoria, Australia: a response to secondary salinization. *Hydrobiologia* **466**: 231-244.
- BOROTSWISKA, LJ. 1981. The microflora: adaptation to life in extremely saline lakes. *Hydrobiologia* **81**:33-46.
- BOS, DG; BF CUMMING; CE WATTERS & JP SMOL. 1996. The relationship between zooplankton, conductivity and lake-water ionic composition in 111 lakes from the interior plateau of British Columbia, Canada. *Int. J. Salt Lake Res.* **5**:1-15.
- CAMPOS, V; S LISPERGUER; J WECKESSER; A VERA & D MUÑOZ. 2005. Cianobacterias y riesgos potenciales de toxicidad en aguas continentales de Chile. *Bol. Micológico* **20**:73-81.
- CARMICHAEL, WW & IR FALCONER. 1993. Diseases related to freshwater blue-green algal toxins, and control measures. Pp. 187-209 en: Falconer, IR (ed.) *Algal toxins in seafood and drinking water*. Academic Press Ltd. London.
- CAZIANI, SM & EJ DERLINDATI. 1999. Humedales altoandinos del Noroeste de Argentina: su contribución a la biodiversidad regional. Pp. 1-13 en: Malvárez, AI (ed.). *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe -ORCYT- Montevideo. Uruguay.*
- CAZIANI, SM & EJ DERLINDATI. 2000. Abundance and habitat of High Andean flamingos in Northwestern Argentina. Pp. 121-133 en: Baldassarre, GA; F Arengo & KL Bildstein (eds.). *Conservation Biology of Flamingos. Waterbirds* **23** (Special Publication 1).
- CAZIANI, SM; EJ DERLINDATI; A TÁLAMO; AL SUREDA; CE TRUCCO ET AL. 2001. Waterbird Richness in Altiplano Wetlands of Northwestern Argentina. *Waterbirds* **24**(1):103-117.
- COCONIER, E. 2005. Reporte final aves acuáticas en la Argentina. Pp. 2-137 en: Blanco, DE (ed.). *La Conservación de las Aves Acuáticas para las Américas (Waterbird Conservation for the Americas)*. *Wetlands Int.* Buenos Aires. Argentina.
- DIRECCIÓN DE RECURSOS ICTÍCOLAS Y ACUÍCOLAS. 2006. *Definiciones y conceptos sobre humedales. Programa Panamericano de Defensa y Desarrollo de la Diversidad biológica, cultural y social, asociación civil (ProDiversitas)*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires. Argentina. En: www.bioetica.org.
- DRAGO, E & R QUIRÓS. 1996. The hydrochemistry of the inland waters of Argentina: a review. *Int. J. Salt Lake Res.* **4**:315-325.
- GARCÍA DE EMILIANI, MO & F EMILIANI. 1997. Mortandad de ganado y aves silvestres asociada con una floración de Anabaena spiroides Kleb. *Nat. Neotropicalis* **28**(2):150-157.
- HART, BT; P BAILEY; R EDWARDS; K HORTLE; K JAMES ET AL. 1991. A review of the salt sensitivity of the Australian freshwater biota. *Hydrobiologia* **210**:105-144.
- HEWITT, G. 1991. River quality investigations, Part 1: Some diversity and biotic indices. *J. Biol. Educat.* **25**(1):44-52.
- HUBER-PESTALOZZI, G. 1961. Das Phytoplankton des Süßwassers, Chlorophyceae. Págs.: 744 en: Thienemann, A (ed.) *Die Binnengewässer*, 16(5), VI-XII, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- ILTIS, A; F RISACHER & S SERVANT-VILDARY. 1984. Contribution á l'étude hydrobiologique des lacs salés du sud de l'altiplano bolivien. *Rev. Hydrobiol. Trop.* **17**:259-273.
- KOMÁREK, J & K ANAGNOSTIDIS. 2005. Cyanoprokariota. 19/2. Oscillatoriales. Págs. 759 en: Büdel, B; G Gärtner; L Krienitz & M Schargel (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Spektrum Akademischer Verlag.* Italy.
- LAHTI, K. 1997. Cyanobacterial hepatotoxins and drinking water supplies - aspects of monitoring and potential health risks. *Monographs of the Boreal Environment Research* **4**:1-40.
- LEWIS, WM (JR). 1976. Surface/Volumen Ratio: Implications for Phytoplankton Morphology. *Science* **192**:885-887.
- MAIDANA, NI. 1996. Asociaciones de diatomeas fósiles del sitio arqueológico Potrero del Caballo Muerto (Puna de Jujuy, Argentina). Actas y Memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina (13° parte). Mendoza. Argentina. *Rev. Mus. Hist. Nat. San Rafael* **25**: 53-60.
- MAIDANA, N & N HERBST. 1989. Diatomeas (Bacillariophyceae) de la laguna Nostra (Cumbres Calchaquíes). Tucumán. Argentina. *Darw.* **29**:63- 76.
- MAIDANA, N & CT SEELIGMANN. 1989. Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes acuáticos de

- altura de la provincia de Catamarca, Argentina II. *Bol. Soc. Argent. Bot.* **41(1-2)**:1-13.
- MAIDANA, NI & C SEELIGMANN. 2006. Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes acuáticos de altura de la Provincia de Catamarca, Argentina II. *Bol. Soc. Argent. Bot.* **41**:1-13.
- MAIDANA, N; M VIGNA & V MASCITTI. 1998. Ficoflora de la laguna de Pozuelos (Jujuy, Argentina) I: Bacillariophyceae. *Bol. Soc. Argent. Bot.* **33**:171- 179.
- MEICHTRY DE ZABURLÍN, NR. 1994. Fitoplancton del embalse del arroyo Uruguay-í. Misiones, Argentina. *Tankay* **1**:60-61.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega, S.A. 1010 pp.
- MIRANDE, V & BC TRACANNA. 2007. Diversidad de cianobacterias, clorofitas y euglenofitas en humedales de altura (Jujuy, Argentina). *Lilloa* **44(1-2)**:39-59.
- NAMIKOSHI, M; T MURAKAMI; MF WATANABE; T ODA; J YAMADA ET AL. 2003. Simultaneous production of homoanatoxin-a, anatoxin-a, an non-toxic 4-hydroxyhomoanatoxin-a by the cyanobacterium *Raphidiopsis mediterranea* Skuja. *Toxicon* **42(5)**:533-538.
- NIELSEN, DL; MA BROCK; GN REES & DS DALWIN. 2003. Effects of increasing salinity on freshwater ecosystems in Australia. *Aust. J. Bot.* **51**:655-665.
- PADISÁK, J & M DOKULIL. 1994. Meroplankton dynamics in a saline, turbulent, turbid shallow lake (Neusiedlersee, Austria and Hungary). Pp. 23-42 en: Descy, JP; CS Reynolds & J Padisák (eds.). *Phytoplankton in Turbid Environments: Rivers and Shallow Lakes*. Kluwer Academic Publishers. Belgium.
- PIZZOLON, L. 1996. Importancia de las cianobacterias como factor potencial de toxicidad en las aguas continentales. *Interciencia* **21**:239-245.
- PIZZOLON, L; B TRACANNA; C PRÓSPERI & R GUERRERO. 1999. Cyanobacterial blooms in Argentinean inland waters. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* **4**:1-5.
- REBORATTI, C. 2005. Situación ambiental en las ecorregiones Puna y Altos Andes. *La Situación Ambiental Argentina 2005. Ecorregiones Puna y Prepula*. Pp. 33-39.
- ROHLF, FJ. 1990. NTSYS-pc. *Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*. Version 1.60. Exeter Software. Setauket, New York.
- ROTT, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schwetz Z. Hydrol.* **43**:34-62.
- SANTAMARÍA, L; C MONTES & JM HOOTSMANS. 1996. Influence of enviromental parameters on the biomass development of *Rupia drepanensis* populations in Doñana National Park: the importance of conditions affecting the underwater light climate. *Int. J. Salt Lake Res.* **5**:157-180.
- SEELIGMANN, C & NI MAIDANA. 2003. Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes acuáticos de altura de la provincial de Catamarca (Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* **38(1-2)**:39-50.
- SEELIGMANN, C; NI MAIDANA & M MORALES. 2008. Diatomeas (Bacillariophyceae) de humedales de altura de la Provincia de Jujuy-Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* **43(1-2)**:1-17.
- SKULBERG, OM; WW CARMICHAEL; GACODD & R SKULBERG. 1993. Taxonomy of Toxic Cyanophyceae (Cyanobacteria). Pp. 145-164 en: Falconer, IR (ed.) *Algal toxins in seafood and drinking water*. Academic Press Ltd. Londres.
- TRACANNA, BC; C SEELIGMANN & V MIRANDE. 1996. Florecimiento de algas azules en el embalse Río Hondo (Noroeste Argentino). IV Congreso Latino-americano. II Reunión Ibero-americana. VII Reunión Brasileña. Caxambú. Brasil. Pp. 293.
- TELL, G & VTD CONFORTI. 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. *Bibliotheca Phycologica* **75**. J. Cramer. Berlin. 301 pp.
- VAN DAM, H; A MERIENS & J SINKELDAM. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Neth. J. Aquatic Ecol.* **28(1)**:117-133.
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y. 2003. Fitoplancton de lagunas y cursos de agua del sistema Iberá. Pp. 85-142 en: Poi de Neiff, ASG (ed.), *Limnología del Iberá: Características físicas, químicas y biológicas de las aguas*. Eudene.
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y & ME FORASTIER. 2005. Cyanophyceae (Cianobacteria) del nordeste argentino: distribución y diversidad. *Resumen B-038. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Universidad Nacional del Nordeste: 4 pp.
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y; VM ASSELBORN & SL CASCO. 1998. Variaciones espaciales y temporales del fitoplancton en un lago subtropical de Argentina. *Rev. Bras. de Biol.* **58 (3)**:359-382.