



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**“BIODIVERSIDAD ALGAL EN RELACIÓN A LOS PARÁMETROS
AMBIENTALES DURANTE LA PRIMAVERA EN LA LAGUNA DON TOMÁS,
LA PAMPA, ARGENTINA”**

Elma Yanina REPP

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2011

[Escribir texto]

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciado en Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología, dependiente del Departamento de Ciencias Naturales, durante el período comprendido entre enero de 2011 y marzo de 2012, bajo la dirección de la Dra. Susana B. Álvarez y bajo la codirección del Dr. Alberto Pilati.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi familia por haberme brindado no solo la oportunidad de estudiar, sino también el apoyo y acompañamiento durante todos estos años. Estoy muy agradecida también con la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales que me formó tanto en lo profesional como personal. A mi co-director Alberto Pilati, mi directora Susana Álvarez, a Graciela Bazán y demás integrantes de la Cátedra de Protistas I por el acompañamiento, apoyo y dedicación durante el desarrollo de la tesina. A Mariana Rocha por abrirme las puertas de su laboratorio y permitirme crecer junto a ella y los que integran su grupo de trabajo, a Santiago y Alicia por la colaboración, a Silvana y Julio Peluffo porque hicieron todo lo que estuvo a su alcance y a todos mis compañeros y amigos por todos los momentos compartidos que son muchos y llenos de buenos recuerdos.

16/12/2011

.....
Elma Yanina Repp

Departamento de Ciencias Naturales

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

RESUMEN

La laguna Don Tomás, es un cuerpo de agua urbano, somero, hipertrófico, cuya hidrología depende de las precipitaciones “*in situ*” y de aportes freáticos. Está ubicada en la ciudad de Santa Rosa. La finalidad del presente trabajo fue determinar y cuantificar la ficoflora de la laguna Don Tomás registrada durante la primavera del 2008. Las muestras fueron recolectadas en botellas de 1,5 l. de capacidad y fijadas en formol al 4%. El análisis cualitativo se realizó por microscopía óptica y la cuantificación a través del método de transectas.

La concentración de clorofila *a* a lo largo de la primavera fue de 52,3 µg/L (±6,2). Esta alta biomasa algal se vio reflejada en bajas transparencias del agua (<0,17m). Se registró una baja diversidad algal (Shannon promedio = 0,57 ±0,30). La División *Chlorophyta* presentó la mayor riqueza de toda la comunidad algal. La División *Cyanophyta* fue siempre la más abundante numéricamente siendo *Planktothrix agardhii* la dominante, por lo que se comentan sus potenciales efectos sobre el ecosistema. La elevada densidad del fitoplancton podría relacionarse con los altos niveles de fósforo total (PT) de Don Tomás (~7,7 mgP/L ±1,9) o a la presencia de una población de pejerreyes que depredan sobre el zooplancton de mayor talla. La relación molar NT:PT fue siempre menor a 3,5 (±0,8), lo que sugiere una limitación por N para el crecimiento algal. Esto fue corroborado por bioensayos que no indicaron una respuesta de la clorofila *a* a las adiciones de fósforo, pero sí una significativa respuesta ante la adición de N.

ABSTRACT

Don Tomás is a shallow, hypereutrophic, urban lake, whose water level depends on the rain frequency and phreatic inputs. It is located nearby Santa Rosa city. The main objective was to determine and to quantify algal groups during the Spring of 2008. Samples were collected in 1.5 l. bottles and preserved with formaline. I used an optical microscope for qualitative determinations and the transect method for quantifications.

Chlorophyll *a* concentration along the Spring was 52.3 µg/L (±6.2). This high algal biomass resulted in a low water transparency (<0.17m). A low algal biodiversity was registered (Shannon = 0.57 ±0.30). Chlorophytes was the richest group, but Cyanobacteria were the most abundant. Within the Cyanobacteria, *Planktothrix agardhii* was always the most abundant, so I comment its potential effects on the ecosystem. The high phytoplanktonic densities could be related with the high total

phosphorus concentrations ($\sim 7.7 \text{ mgP/L} \pm 1.9$) or with the presence of a population of silversides which prey on larger size zooplankton. The total N:P molar ratio was always low $3.5 (\pm 0.8)$, suggesting a N-limitation in the algal community. This was corroborated by bioassays that indicated no response of chlorophyll *a* concentrations to phosphorus additions, but a significant response when N was added.

ÍNDICE

Prefacio	3
Agradecimientos	3
Resumen	4
<i>Abstract</i>	4
Introducción	6
Hipótesis	8
Objetivos	8
Materiales y métodos	
Área de estudio	8
Muestreo y análisis de muestras	9
Resultados y discusión	11
Factores abióticos	11
Temperatura y oxígeno	11
Conductividad y salinidad	12
pH	12
Nutrientes disueltos	12
Nutrientes totales	12
Transparencia del agua	13
Factores bióticos	13
Clorofila y composición algal	13
Limitación por nutrientes	18
Consideraciones generales sobre los potenciales efectos de <i>P. agardhii</i> en la laguna Don Tomás	20
Conclusiones	20
Bibliografía	22

FIGURAS

1. Ubicación de la laguna Don Tomás (1) en la provincia de La Pampa.	8
2. Localización de los cuencos y las entradas de desagües pluviales.	9
3. Nitrógeno (NT) y fósforo (PT) totales para los 3 meses de primavera.	13
4. Concentración de clorofila a en los meses de octubre, noviembre y diciembre.	14
5. Riqueza algal mensual durante la primavera de 2008 en la Laguna Don Tomás.	16
6. Abundancia relativa de las diferentes divisiones en la comunidad algal.	17
7. Contribución porcentual de los diferentes taxones de <i>Cyanophyta</i> a su División.	17
8. Variación del índice de Shannon-Wiener.	18
9. Severidad de la limitación algal (d^{-1}) ante adiciones de diferentes nutrientes (N, P y N+P).	19

TABLA

Tabla 1. Lista taxonómica de algas identificadas en el fitoplancton de la Laguna Don Tomás.	15
--	-----------

INTRODUCCIÓN

Los lagos de la “llanura pampeana” han sido descriptos ampliamente en numerosas publicaciones (Quirós, *et al.*, 2002; Sosnovsky & Quirós, 2003; Quirós, 2004; Quirós, inédito). Sin embargo, estos autores cuando se refieren a lagunas “pampeanas” lo hacen en base a aquellas presentes en la provincia de Buenos Aires. Estos lagos bonaerenses descriptos son someros y no estratifican térmicamente excepto por cortos períodos. Tanto la profundidad media como la profundidad máxima varían de acuerdo a la superficie inundada y cualquiera sea el tamaño de una laguna pampeana, la profundidad media corresponde al 70 % de su profundidad máxima (Quirós, inédito). Debido a esto, las lagunas “pampeanas” se caracterizan por presentar fluctuaciones en la salinidad y permanencia del agua que dependen de la variación inter e intraanual de las precipitaciones. Además, al estar ubicadas en terrenos altamente fértiles, son naturalmente eutróficas (Quirós, inédito). Poseen una alta tasa de reciclaje de materia orgánica debido a la mayor temperatura que tienen los sedimentos en verano (Sosnovsky & Quirós, 2003). Por otro lado, el estado hipertrófico actual es favorecido por el accionar de los humanos y altamente dependiente de la intensidad de uso de la tierra en sus drenajes (Sosnovsky & Quirós, 2003).

La provincia de La Pampa posee condiciones de aridez más acentuadas que la provincia de Buenos Aires (Cano, 1980) lo que conlleva a que la mayoría de los sistemas lagunares posean mayores fluctuaciones de nivel de agua y salinidad que las lagunas bonaerenses. En La Pampa existen pocos estudios referidos a características limnológicas de sus ecosistemas acuáticos. Recientemente, Echaniz (2010) ha estudiado algunas lagunas someras en donde llegó a la conclusión de que presentan un gran rango de salinidad. Sin embargo, todas fueron hipertróficas y mostraron las concentraciones más altas de fósforo citadas en la literatura. El autor discute que estas altas concentraciones de fósforo pudieron deberse no sólo a condiciones naturales (suelos ricos en nutrientes y materia orgánica) sino también a la actividad ganadera de la zona. Dentro de la provincia de La Pampa, se encuentra la laguna Don Tomás. Ésta presenta gran importancia recreativa y deportiva, y se ubica en las inmediaciones de la ciudad de Santa Rosa, por lo que puede considerarse una laguna urbana de carácter permanente. Es un lago somero, hipertrófico, clasificado por Echaniz (2010) como subsalino de acuerdo a la clasificación de Hammer (1986). Al igual que otras lagunas de la provincia que reciben aportes pluviales de ciudades (Vignatti & Echaniz, 2007). La baja salinidad

de la laguna Don Tomás y su disminución a lo largo del tiempo (Echaniz *et al.*, 2008) podría deberse a la influencia ejercida por la ciudad de Santa Rosa en su cuenca de drenaje, ya que el aumento en la extensión del pavimento y el número creciente de construcciones impide la infiltración del agua de las precipitaciones. Grandes volúmenes de agua escurren superficialmente por el sistema de desagües pluviales, ingresando a la laguna con una concentración muy baja de sales disueltas. Además, recibe aportes freáticos como ocurre con otros lagos de la región pampeana (Dangavs, 2010). El estado turbio (*sensu* Scheffer *et al.*, 1993) podría estar causado por dos factores: alto contenido de nutrientes y baja tasa de pastoreo por el zooplancton. El primero, se ve favorecido no sólo por las condiciones naturales mencionadas más arriba, sino también debido a que la laguna ha recibido efluentes cloacales “tratados” de la ciudad hasta el año 1987 (Marani, com. pers.). Esto ha resultado en una baja relación nitrógeno:fósforo lo que lleva a importantes floraciones algales. Existe una relación positiva y significativa entre la concentración de nutrientes totales y la biomasa de las diferentes comunidades presente en dichos cuerpos de agua (Scheffer, 1998; Phillips *et al.*, 2008). Esto produce una reducción de la transparencia del agua (Carlson, 1980). Por otro lado, la presencia de pejerreyes, peces planctívoros que depredan sobre las especies planctónicas de mayor tamaño y eficiencia de filtración - preferentemente del género *Daphnia* (Quirós, 2002; Grosman & Sanzano, 2003) - hacen que la comunidad zooplanctónica esté integrada sólo por especies de talla reducida y baja eficacia de filtrado, lo que causaría una baja transparencia del agua (Echaniz *et al.*, 2008).

En la Laguna Don Tomás se han realizado estudios destinados a conocer su fitoplancton (Álvarez, 1993; Álvarez & Bazán, 1994; Bazán *et al.*, 2003; Neher, 2011) y otros destinados a conocer la ecología y taxonomía de su zooplancton (Echaniz & Vignatti, 1996, 2001; Pilati, 1997, 1999; Pilati *et al.*, 2009; Vignatti *et al.*, 2007; Echaniz *et al.*, 2008). Esta laguna ha presentado frecuentes mortalidades de peces debido a la presencia de *Plankthotrix aghardii* (Álvarez, 20 de agosto del 2007, diario La Arena). Sucesos similares (posiblemente debidos a la aparición y dominancia de la misma *Cyanophyta*) ocurrieron en lagunas del este de la provincia e involucraron también la mortandad de aves silvestres acuáticas (Álvarez com. pers.). Estas floraciones de *P. aghardii* se observan generalmente en verano y otoño (Álvarez *et al.*, 2005) cuando existe una limitación por nitrógeno en la comunidad algal (Trucco, 2008; Neher, 2011). Sin embargo poco se conoce sobre la dinámica de la comunidad fitoplanctónica durante la primavera en esta laguna.

HIPÓTESIS

1. La comunidad algal de primavera está dominada por *P. aghardii*, tal como se concluye para las demás estaciones ya estudiadas.
2. El crecimiento de la comunidad fitoplanctónica está limitado por nitrógeno, al igual que lo que ocurre en la estación de otoño y verano.

OBJETIVOS

1. Determinar los principales parámetros limnológicos de la laguna Don Tomás durante la primavera.
2. Determinar la concentración de clorofila *a* a lo largo de la primavera.
3. Determinar el índice de diversidad (Shannon-Wiener) y Equitatividad a partir de la identificación y conteo de la abundancia relativa de algas.
4. Establecer la existencia de limitación por alguno de los nutrientes para el crecimiento de las algas mediante bioensayos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La laguna Don Tomás se caracteriza por ser un cuerpo de agua somero hipertrófico, ubicado en la zona urbana de la ciudad de Santa Rosa, en la provincia de La Pampa (Fig. 1) y es el principal cuenco receptor del sistema de desagües pluviales de dicha ciudad. Tiene una profundidad máxima de 2,3 m y una superficie de 135 ha (Echaniz *et al.*, 2008). Actualmente recibe el aporte de cuatro desagües pluviales de la ciudad, por lo que está muy influenciada por la actividad antrópica (Fig. 2) (Pilati *et al.*, 2009).

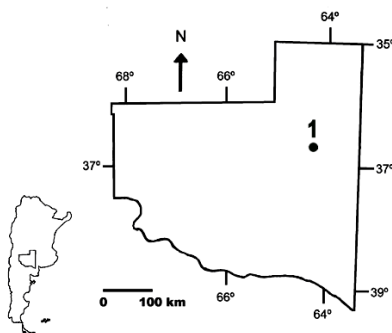


Figura 1. Ubicación de la laguna Don Tomás (1) en la provincia de La Pampa (Tomado de Pilati *et al.*, 2009)

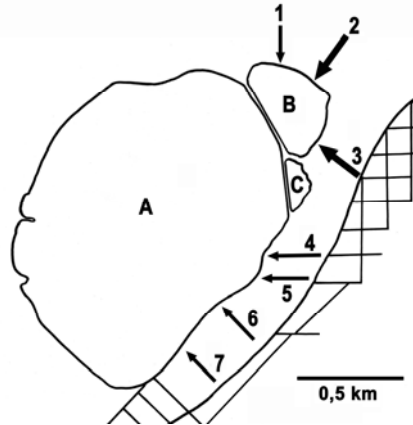


Figura 2. Localización de los cuencos y las entradas de desagües pluviales. A: Principal (Don Tomás). B: cuenco de Canotaje. C: cuenco del Parque. (El ancho de las flechas indica la importancia). (Tomado de Pilati *et al.*, 2009).

Muestreo y análisis de muestras

En el marco del Proyecto “Determinación de los nutrientes limitantes para el crecimiento algal de la Laguna Don Tomás” se realizaron 12 muestreos, con frecuencia mensual durante el período comprendido entre septiembre de 2008 a agosto de 2009. En la presente tesina se analizaron las muestras pertenecientes a la primavera (octubre-noviembre- diciembre).

Los parámetros limnológicos que se determinaron fueron: conductividad, mediante un conductímetro Oakton TDSTestr 20, pH, con un peachímetro digital Corning PS 15, transparencia, mediante un disco de Secchi de 22 cm de diámetro, temperatura y concentración de oxígeno disuelto en el agua con un oxímetro YSI modelo 55. Considerando que la laguna Don Tomás es un cuerpo de agua polimíctico, y que en toda su columna de agua posee generalmente la misma temperatura, las determinaciones de la concentración de oxígeno disuelto en agua y los otros parámetros se realizaron en la zona subsuperficial de la laguna (primeros 0,5 m de profundidad).

La salinidad (mg/L) se estimó multiplicando la conductividad (mS/cm) por el factor 0,67 (Echaniz, com. pers.).

Se determinaron las concentraciones de nutrientes (N y P disueltos y totales), de la zona fótica de la columna de agua en forma mensual. Las determinaciones fueron realizadas por el laboratorio certificado “La Pampa Agrícola” siguiendo protocolos de digestión con persulfato de potasio para el P total y el método de Kjeldahl para el N total (APHA, 1992). En cambio, el nitrógeno (amonio) y el fósforo (fosfato) disueltos se determinaron mediante el método del fenol y del ácido ascórbico respectivamente (APHA, 1992).

La clorofila *a* y el fitoplancton se calificaron como parámetros biológicos.

Para detectar el nutriente limitante para el desarrollo de la comunidad algal, se realizaron bioensayos siguiendo el protocolo de Downing *et al.* (1999), que consiste en observar el crecimiento de las algas bajo el agregado de diferentes nutrientes. Las incubaciones, que duraron 48 horas, se realizaron a 200 $\mu\text{moles PAR m}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ (Vanni *et al.*, 2006). La severidad de la limitación por un determinado nutriente se determinó usando la siguiente fórmula:

$$\Delta\text{tratamiento} = \ln (\text{Chl tratamiento} / \text{Chl control}) / \text{tiempo}$$

La clorofila se extrajo con acetona fría (4° C) y se registró la fluorescencia del pigmento con un fluorómetro de mano Aquafuor, de Turner Designs antes y después de una acidificación con ácido clorhídrico 0,1 N para contar desviaciones debido a la presencia de feopigmentos (Arar & Collins, 1997).

Las muestras de fitoplancton se obtuvieron a través del llenado de botellas de 1,5 litros en el centro de la laguna, donde no se registró vegetación arraigada. Las muestras, una vez fijadas con formol 4 %, se incorporaron al Herbario de la Asignatura Biología de Protistas I. Para el análisis taxonómico se utilizó bibliografía específica para cada grupo: Geitler (1932), Prescott (1951), Desikachary (1959), Komárek y Fott (1983), Bourrelly (1985).

Los recuentos se realizaron por transectas, según el método propuesto por Villafañe & Reid (1995). Se predeterminaron 3 transectas horizontales equidistantes evitando los efectos de bordes. Se utilizó un portaobjetos con un cubreobjetos de 24 x 40 mm. En el portaobjetos se depositó una alícuota de 0,1 ml. Esto permitió la observación del material con un aumento de 400 X. Se analizaron las transectas en un total de 5 cámaras hasta obtener un promedio de individuos constantes (Villafañe & Reid, 1995).

Para los organismos filamentosos, como *Plankthotrix* sp., se consideró como unidad aquellos organismos que midieron alrededor de 250 μm de longitud, medida que correspondió a los organismos de esta especie que aparecen con mayor frecuencia. Las colonias y cenobios se consideraron como un organismo. Los resultados se expresaron como medida de densidad (org/ml).

Se calculó el índice de diversidad: H' (Shannon & Wiener, 1963) y el componente de equitatividad (E), según las fórmulas:

$$H = -\sum p_i \ln p_i$$

Siendo $p_i = N_i/N$ = es la proporción de la i especie en la comunidad

N_i = número de individuos de la i especie.

N = número total de individuos de la comunidad.

$$E = H / \ln S$$

S = número de especies en la comunidad.

Dado que los valores de E varían entre 0 y 1, si el resultado obtenido es igual o cercano a 0, se considera que en la muestra hay dominancia de una o unas pocas especies, en cambio si el valor es cercano a 1 significa que todas las especies de un colectivo están igualmente representadas o son equifrecuentes.

Se calculó el índice de diversidad beta de Whittaker en sentido temporal, según la fórmula siguiente (Magurran, 2004):

$$\beta_w = S / \bar{\alpha}$$

Donde S = al total de número de especies contadas en el ecosistema y α = el promedio de la diversidad de la muestra. Los valores de Whittaker varían desde 0 a 1, cuanto más cercano a 1 es el valor obtenido a partir de esta fórmula, mayor es el reemplazo de especie en la muestra analizada. Si el resultado es cercano o igual a 0, la sustitución de taxones es baja o nula.

Para el análisis de los resultados se utilizó el software Excel de Microsoft Office 2007 para realizar las estadísticas y gráficos respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Factores abióticos

Temperatura y oxígeno

La temperatura, medida *in situ*, se mantuvo constante a lo largo de todo el perfil, 19,6 °C en octubre, desde la superficie hasta los 2 m de profundidad, al igual que los meses de noviembre y diciembre cuando los valores fueron de 22,5°C y 25,8 – 26 °C respectivamente.

El oxígeno disuelto promedio para la zona fótica (0-0,5m) en octubre fue de 7,5 mg/L (DE± 0,19), en noviembre fue de 12,7 mg/L (DE± 0,05), y en diciembre fue de 10,4 mg/L (DE± 0,16). Estos valores fueron más bajos que los del verano (Neher, 2011). La mayor concentración de O₂ observada en noviembre podría deberse al fuerte viento registrado durante el día de muestreo, lo que aumentó la circulación del agua y por ende la oxigenación de la misma, ya que Wetzel (2001) indicó que el efecto del viento es de

vital importancia en el intercambio de este gas en lagos polimícticos, tales como la Laguna Don Tomás.

Conductividad y salinidad

La conductividad eléctrica promedio de la columna de agua durante el mes de octubre fue de 1118 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ (DE $\pm 15,8$), en noviembre 1117 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ (DE $\pm 14,8$) y en diciembre fue de 1126 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ (DE $\pm 45,3$). El análisis de la varianza indicó que la conductividad no cambió a lo largo de la primavera ($p=0,89$; $F=0,115$; $g.l.=2,9$). La salinidad, dada por el contenido de sólidos disueltos en agua, fue 749,22 mg/L (DE $\pm 10,6$), 748,89 mg/L (DE $\pm 9,9$), y 754,75 mg/L (DE $\pm 30,3$), para octubre, noviembre y diciembre respectivamente.

pH

A lo largo de todo el perfil del lago, desde la superficie hasta los 2 m de profundidad, el pH se mantuvo constante en un valor de 8,7 y esto se mantuvo para los 3 meses de la estación de primavera.

Nutrientes disueltos

El valor de N disuelto (como N-amonio) para el mes de octubre fue de 56 $\mu\text{gN}/\text{L}$, mientras que para el P (como fosfato) fue 26,2 $\mu\text{gP}/\text{L}$. En el mes de noviembre fueron de 58 $\mu\text{gN}/\text{L}$ y 24,7 $\mu\text{gP}/\text{L}$ en tanto que para diciembre fue de 44 $\mu\text{gN}/\text{L}$ para el N y 20,5 $\mu\text{gP}/\text{L}$ para el P. Esto dio una relación molar N-NH₄:P-PO₄ promedio de 1,0 ($\pm 0,05$). Esta relación de nutrientes disueltos se realizó empleando el amonio únicamente, debido a que esta forma de nitrógeno es más rápidamente absorbida por las algas que el nitrato (Horgan, 2005). La relación molar de amonio:fosfato fue más baja que la indicada por Redfield *et al.* (1963) para un crecimiento algal equilibrado. Esta relación sugiere, al igual que la relación de nutrientes totales (ver más abajo), una limitación por N, la cual fue corroborada mediante bioensayos.

Nutrientes totales

El fósforo total (PT) y el nitrógeno total (NT) de la Laguna Don Tomás fueron muy altos, mientras que la relación molar (NT:PT) fue baja (Fig.3). Estos valores son inferiores a la relación 16:1 obtenida por Redfield *et al.* (1963) para un crecimiento algal óptimo. Esto indica que las algas estarían limitadas por N.

Los bajos valores de NT:PT no son sorprendentes para esta laguna. Datos similares han sido encontrados por Echaniz *et al.* (2008) y Pilati *et al.* (2009). Las altas concentraciones de P en este cuenco podrían deberse a factores tanto antrópicos como naturales. Entre los factores antrópicos se destaca el aporte de tratados cloacales en el pasado. En tanto que, como causa natural, según Quirós (inédito), los lagos pampeanos se sitúan en suelos fértiles que les aportan grandes cargas de nutrientes. Estas altas concentraciones de nutrientes observadas en Don Tomás serían las causantes de numerosas floraciones algales en dicho ecosistema acuático, tal como ha sido observado por Wetzel (2001), Phillips *et al.* (2008) y Catherine (2008), en cuerpos de agua similares.

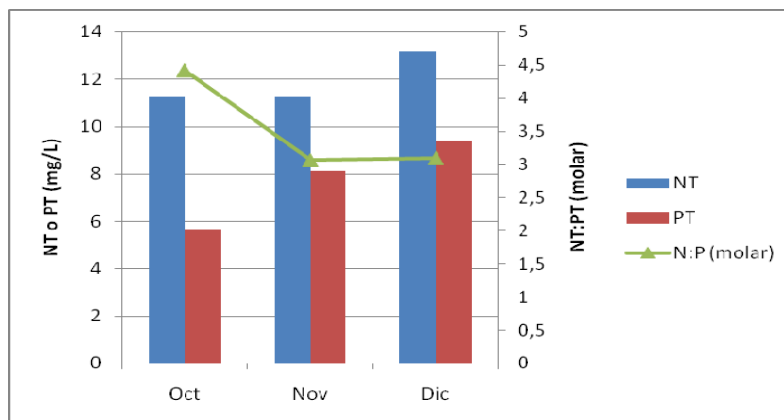


Figura 3. Concentraciones de nitrógeno (NT) y fósforo (PT) totales y relación molar NT:PT para los 3 meses de primavera en la laguna Don Tomás.

Transparencia del agua

La transparencia del agua fue 0,15; 0,17 y 0,15m para octubre, noviembre y diciembre respectivamente. Estos valores son muy bajos y se corresponden con lagos de alta productividad (Phillips *et al.*, 2008).

Factores bióticos

Clorofila y composición algal

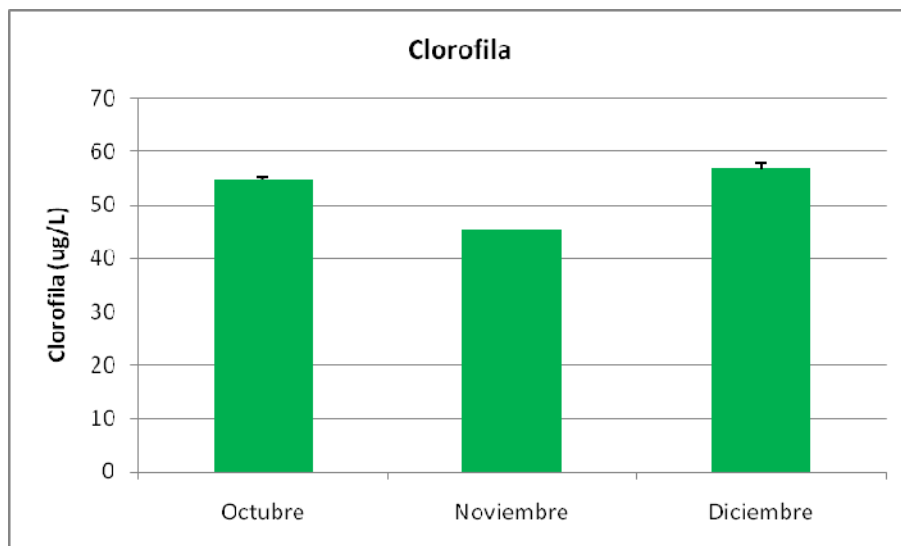


Figura 4. Concentración de clorofila a en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

La medición de la clorofila *a* se utiliza como subrogante para determinar la biomasa algal total. Si bien los valores obtenidos durante la primavera del 2008 fueron relativamente altos (Fig. 4) fueron casi cuatro veces menores que los encontrados en otras ocasiones (Pilati *et al.*, 2009a). Sin embargo, permiten clasificar a este cuerpo de agua como hipertrófico, en concordancia con anteriores determinaciones realizadas por Echaniz *et al.* (2008), Pilati *et al.* (2009a) y Trucco (2008).

No se observó un pico de clorofila *a* en primavera. Es más, durante la primavera se observaron los valores más bajos de clorofila de todo el año, mientras que los valores más altos fueron registrados en el invierno (Pilati, com. pers.).

Durante la primavera se observaron 22 taxones (Tabla 1), siendo en todos los meses la División *Chlorophyta* la más rica (Tabla 1, Fig 5). Sin embargo, cuando se tiene en cuenta la contribución relativa de cada División, se observó que el grupo de las *Cyanophyta* era el más abundante numéricamente (Fig. 6). Particularmente, dentro de esta División, siempre hubo una importante dominancia de *P. agardhii* (Fig. 7). Si bien esta contribución de *P. agardhii* fue disminuyendo a lo largo de la primavera, también se observó una importante dominancia durante el verano (Neher, 2011). Por otro lado, a lo largo de la primavera, las algas del género *Oscillatoria* se volvieron más numerosas. Esto afectó al índice de diversidad de Shannon-Wiener y el de Equitatividad que fueron aumentando a lo largo de la primavera (Fig. 8). De esta manera se puede afirmar que aunque no hubo un cambio en la concentración de clorofila *a*, sí hubo un leve reemplazo de especies fitoplanctónicas, reflejado por el índice de Whittaker (0,38). Esto podría

deberse no sólo a la disminución de la dominancia de *P. agardhii* sobre otras *Cyanophyta*, sino también a un aumento en la intensidad de luz y la disponibilidad de nutrientes según lo sugerido por Sommer *et al.* (1986). Este aumento de nutrientes se vio reflejado en el aumento de N y P totales mencionados *ut supra*.

Tabla 1. Lista de algas identificadas en el fitoplancton de la Laguna Don Tomás (Santa Rosa, Argentina) durante la primavera del 2008.

Taxón	Oct.	Nov.	Dic.
Clase CYANOPHYCEAE			
<i>Anabaena</i>	X	X	X
<i>Plankthotrix agardhii</i> (Gomont)	X	X	X
Anagnostidis et Komárek			
<i>Oscillatoria</i>	X	X	X
Clase BACILLARIOPHYCEAE			
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg)	X	X	X
Simonsen			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		X	X
Diatomea pennada	X	X	X
Clase EUGLENOPHYCEAE			
<i>Euglena</i>		X	
Clase CHLOROPHYCEAE			
<i>Chlamydomonas</i>		X	X
<i>Closteriopsis acicularis</i> (G.M. Smith)	X		X
Belcher y Swale			
<i>Cosmarium</i>	X		
<i>Kirchneriella</i>	X	X	X
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret)		X	X
Komárková-Legnerová 1969			
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkley)	X	X	X
Komárková Legenerova			
<i>Monoraphidium indicum</i> (Hindak)	X		X
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X	X	X
(Lagerheim) Chodat			

<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg)	X		
<u>Chodat</u>			
<i>Scenedesmus opoliensis</i> Richter	X	X	
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin.)	X	X	X
Brebison sensu Chodat			
<i>Tetraedrum minimum</i> (A.Br.)		X	
Hansgirg			
<i>Tetraedrum trigonum</i> (Nägeli)		X	
Hansgirg sensu Sküja			
<i>Tetrastrum stourogeniaeforme</i>	X	X	X
(Schröder) Lemmermann			
<i>Tetraedrum caudatum</i> (Corda)		X	
Hansg.			

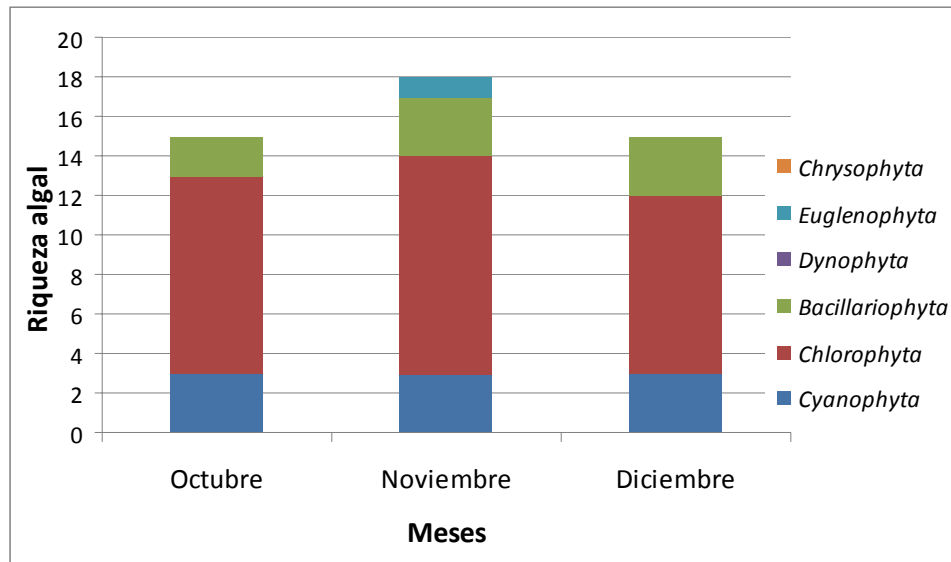


Figura 5. Riqueza algal mensual durante la primavera de 2008 en la Laguna Don Tomás.

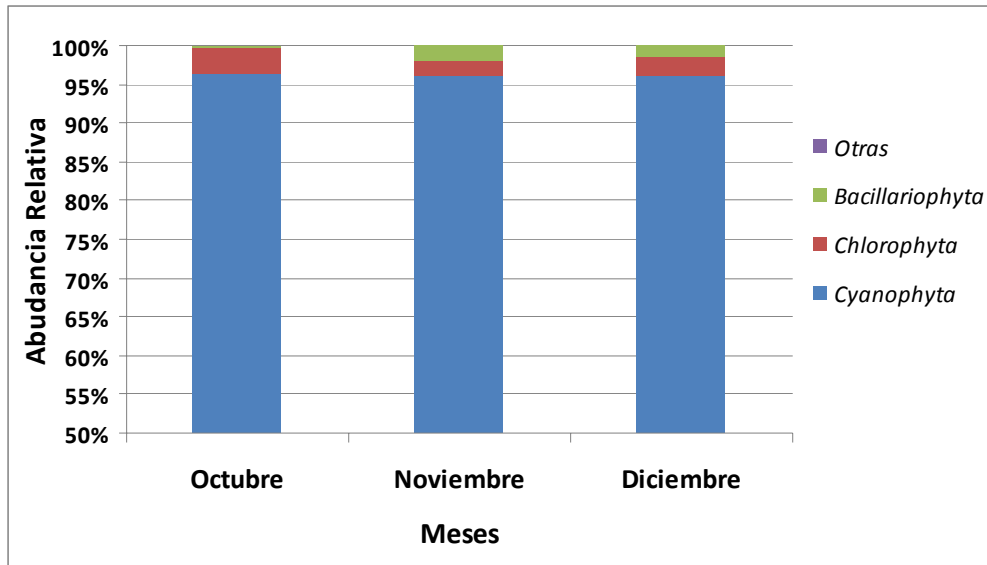


Figura 6. Abundancia relativa de las diferentes Divisiones en la comunidad algal.

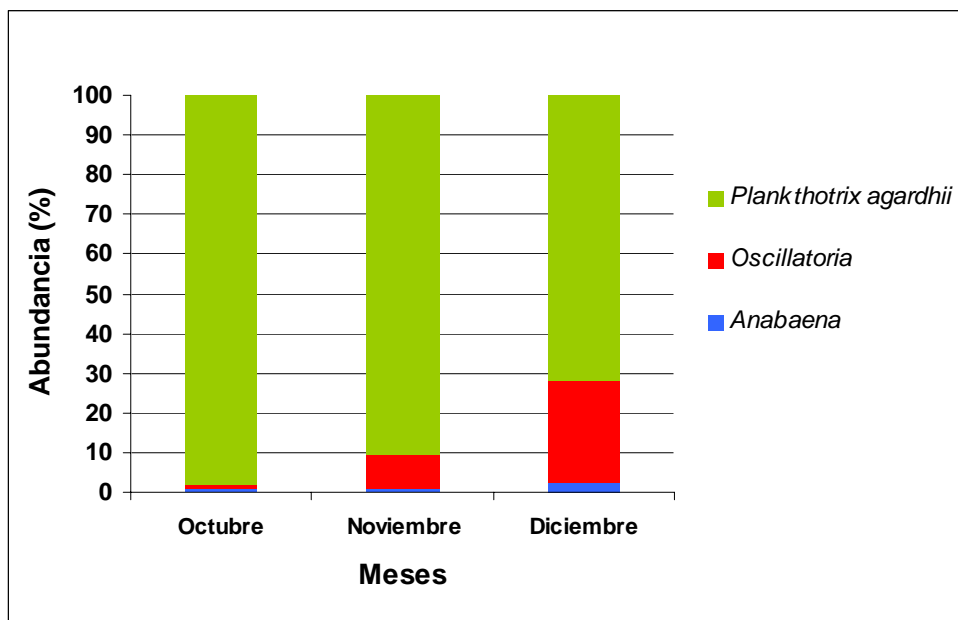


Figura 7. Contribución porcentual de los diferentes taxones de *Cyanophyta* a la División.

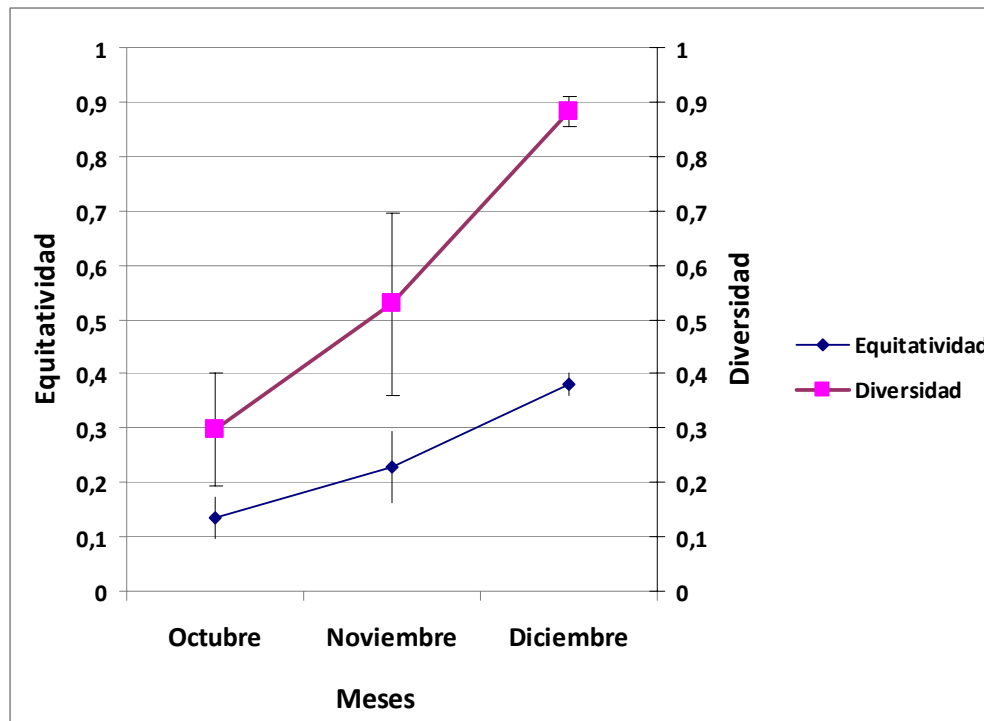


Figura 8. Variación del índice de Shannon-Wiener y Equitatividad.

Limitación por nutrientes

Como ya sugirieran las relaciones molares de N:P disueltos y NT:PT, la comunidad algal de primavera de la laguna Don Tomás estuvo limitada por nitrógeno, situación corroborada por los bioensayos de laboratorio. Esta limitación por N también fue observada por Neher (2011) para el verano.

ANOVA indicó que hubo diferencias significativas entre las respuestas de la comunidad algal ante la adición de diferentes nutrientes para octubre ($F= 19,57$; $p= 0,0023$; g. l. = 8,2). El Test de Tukey indicó que los tratamientos de adición de N y N+P no difirieron entre sí, pero sí difirieron con el de P (Fig. 9a). ANOVA indicó que también existieron similares resultados entre los tratamientos para noviembre ($F= 126,3$; $p< 0,0001$; g. l. = 8,2) (Fig. 9b). Sin embargo en diciembre (Fig. 9c) hubo una importante respuesta ante la adición de N+P conjuntamente (co-limitación), seguida por una respuesta al N y una menor respuesta al P ($F= 78,0$; $p< 0,0001$; g. l. = 8,2).

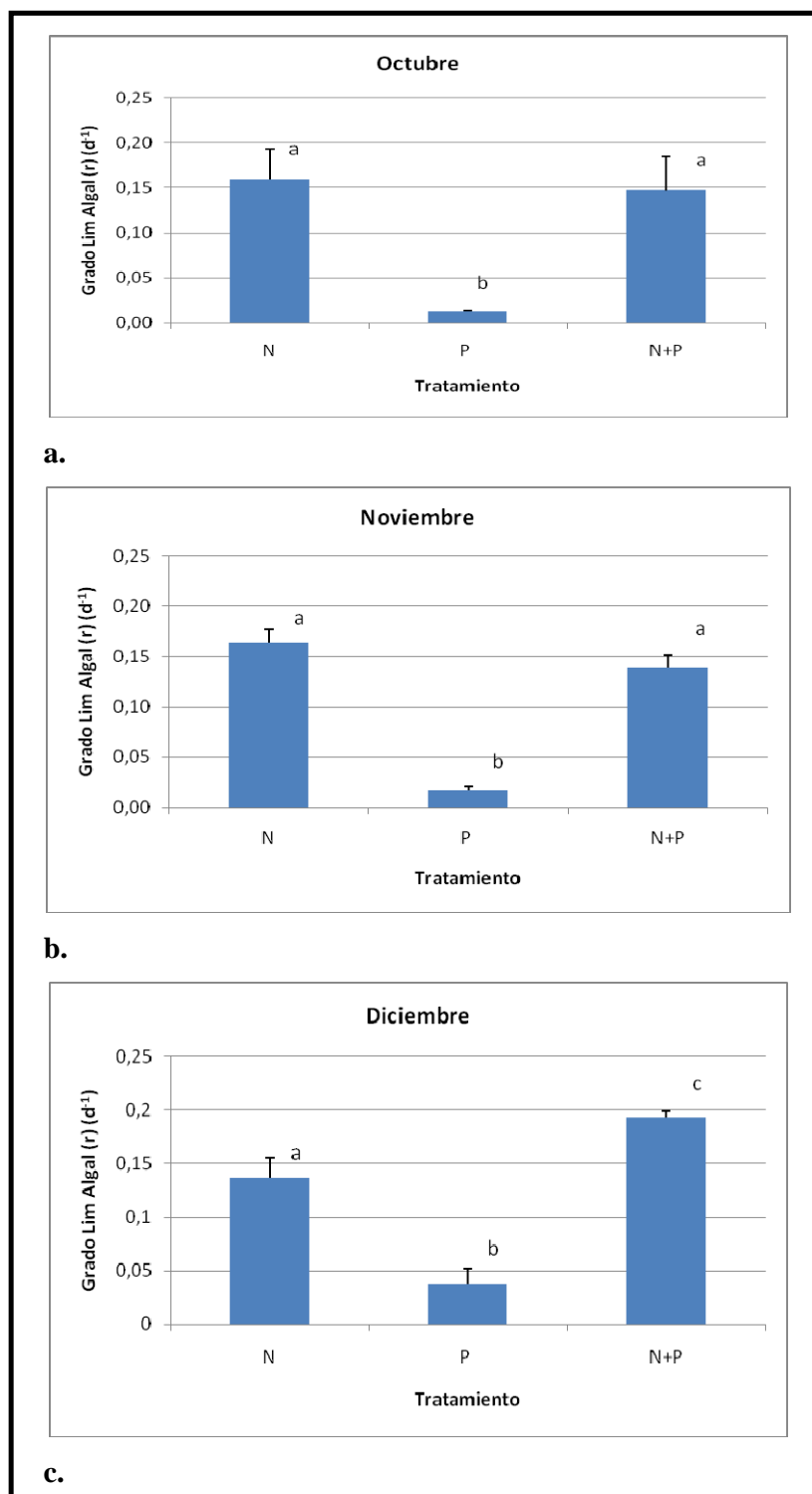


Figura 9. Severidad de la limitación algal (d^{-1}) ante adiciones de diferentes nutrientes (N, P y N+P) en muestras de agua para los meses de octubre (a), noviembre (b) y diciembre (c). Las distintas letras indican diferencias entre medias (Tukey= 0,05). Las barras de error muestran las respectivas desviaciones estándares.

Consideraciones generales sobre los potenciales efectos de *P. agardhii* en la laguna Don Tomás

Plankthotrix agardhii es la especie ampliamente dominante en el fitoplancton de Don Tomás. Se trata de una *Cyanophyceae* que se encuentra en ambientes muy diversos, desde lagos o ríos con extrema oligotrofia, como el Nahuel Huapi (Wenzel y Díaz, 2008), hasta lagunas muy hipertróficas como la laguna Don Tomás (Casanovas, 2008). Debido a su producción de toxinas, *P. agardhii* es una de las especies más tóxicas en lagos europeos (Nöges & Ott, 2003; Willame *et al.*, 2005) y los efectos de estas sustancias sobre la salud humana fueron demostrados por Codd *et al.* (1999). Las cianobacterias filamentosas del género *Plankthotrix*, incluyendo *P. agardhii* y *P. rubescens* son unas de las más importantes productoras de tales cianotoxinas en aguas continentales de clima templado (Kurmayer *et al.*, 2004; Christiansen *et al.*, 2006). Lagunas con floraciones dominadas por este género presentan una mayor concentración de microcistinas que las dominadas por otras especies comunes productoras de toxinas como las del género *Microcystis* (Mbedi *et al.*, 2005; Tonk *et al.*, 2005). Debería considerarse estudiar las cianotoxinas en la laguna Don Tomás para determinar las posibles consecuencias sobre el hombre y el ecosistema. Estos efectos podrían incluir desde irritación en la piel hasta cáncer (Mankiewicz-Boczek *et al.*, 2009; Chorus & Bartram, 1999; Carmichael, 2001; Briand *et al.*, 2003; Mankiewicz *et al.*, 2003), disturbios en el pastoreo por el zooplancton (Catherine, 2008) y mortandad de peces (Lindholm, 1999) como ya ha sugerido Álvarez (20 de agosto del 2007, diario La Arena).

CONCLUSIONES

- Se registraron altos niveles de fósforo y nitrógeno cuya relación molar indicó una limitación algal por nitrógeno en toda la comunidad fitoplanctónica, limitación que fue corroborada por bioensayos.
- La mayor riqueza observada fue en el grupo de las *Chlorophyta*.
- A lo largo de la primavera se observó un ligero reemplazo de especies, principalmente entre las *Cyanophyta*, que dominaron en abundancia durante toda la estación.

- La especie que mayor aporte hizo a la abundancia total fue la *Cyanophyta P. agardhii*.
- En la laguna Don Tomás, la concentración de clorofila *a*, la transparencia del agua y la respuesta de la comunidad fitoplanctónica a la adición de nutrientes, estarían influenciadas principalmente por la presencia y dominancia de *P. agardhii*, una *Cyanophyta* tóxica que podría afectar tanto la salud humana como la biota.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

ÁLVAREZ, S.B. 1993. Algas de aguas continentales de La Pampa, Argentina. I. O. *Volvocales* y O. *Chlorococcales*. Rev. Fac. Agr. UNLPam. 6 (2): 35-51.

ÁLVAREZ, S.B. & G.I. BAZÁN. 1994. Cianofíceas Continentales de la Pcia de La Pampa (Argentina). Rev. Fac. Agr. UNLPam. 7, (2): 43-62.

ÁLVAREZ, S.B.; G.I. BAZÁN & M.T. WENZEL. 1996. *Woronichinia elorantae* Komárek J. & Kormakova-Legenerova (*Cyanophyta*). Nueva cita para Sudamérica. Physis (Buenos Aires), Secc. B 51 (120-121): 23-24.

ÁLVAREZ, S.B.; G.I. BAZÁN & M.T. WENZEL. 1998a. Blue green algae of *Chlorococcales* and *Chamaesiphonales* orders in intermittent streams and isolated stagnant pools within the Lihuel Calel National Park (La Pampa province) in Argentina. Acta Hydrobiologica 40: 131-146.

ÁLVAREZ, S.B.; G.I. BAZÁN & M.T. WENZEL. 1998b. Blue green algae of *Hormogonales* Orders (*Nostocaceae*, *Scytonemataceae*, *Microchaetaceae* Families) in intermittent streams and isolated stagnant pools within the Lihuel Calel National Park (La Pampa province) in Argentina. Acta Hydrobiologica 40: 147-160.

ÁLVAREZ, S.B.; A.E. BIASOTTI; J. BERNARDOS & G.I. BAZAN. 2005. Ficoflora de la Laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). Biología Acuática 22: 1-6.

APHA (American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation). 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed. Washington, D. C. 1022 pp.

ARAR, E. J. & G. B. COLLINS. 1997. In vitro determination of chlorophyll a and pheohitin a in marine and freshwater algae by fluorescence. Método EPA 445 disponible en www.epa.gov/nerlcwww/ordmeth.htm.

BAZÁN, G.I.; S.B. ALVAREZ & J. BERNARDOS. 2003. Variación estacional de la ficoflora de la Laguna Don Tomás de Santa Rosa, La Pampa. Suplem. Bol. de la Soc. Arg. de Bot. 38: 147.

BAZÁN, G.I.; S.B. ALVAREZ; M.C. MARTIN & J. BERNARDOS. 2004. Análisis de la taxocenosis de la ficoflora de la Laguna El Ojo de Agua, Uriburu, La Pampa, Argentina. *Biología Acuática*. 20: 1-5. ISSN 0236-1638.

BORELL LÖVSTEDT, C. & L. BENGTTSSON. 2008 . The role of non-prevailing wind direction on resuspension and redistribution of sediments in a shallow lake. *Aquat. Sci.*, 70: 304 – 313.

BRIAND J.F.; S. JACQUET; C. BERNARD & J.F. HUMBERT. 2003. Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems. *Vet Res* 34: 361–377.

BOURRELY, P. 1985. Les algues d'eau douce, Tome III Les Algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Éditions N. Boubée y Cie. Paris: 116-184.

CANO, E. (coord.) 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa, Buenos Aires.

CARMICHAEL, W.W.. 2001. Health effects of toxin-producing cyanobacteria: “the cyanoHAB’s”. *Hum Ecol Risk Assess* 7: 1393–1407.

CARLSON, R. E.. 1980. More complications in the chlorophyll- Secchi disc relationships. *Limnology and Oceanography* 25(2):379-382.

CASANOVAS, M. R. 2008. “Determinación de la concentración de nitrógeno para bioensayos de limitación de nutrientes en algas de la Laguna Don Tomás”. Tesina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNLPam. 19 pp.

CATHERINE, A.; C. QUIBLIER; C. YÉPRÉMIAN; P. GOT; A. GROLEAU; B. VINCON-LEITE; C. BERNARD & M., TROUSSELLIER. 2008. Collapse of a *Planktothrix agardhii* perennial bloom and microcystin dynamics in response to reduced phosphate concentrations in a temperate lake. FEMS Microbiol Ecol 65. 61–73.

CODD, G.A.; S.G. BELL; K. KAYA; C.J. WARD; K.A. BEATTIE & J.S. METCALF. 1999. Cyanobacterial toxins, exposure routes and human health. Eur J Phycol 34: 405–415.

CHORUS, I. & J. BARTRAM. 1999. Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide for Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. St. Edmundsbury Press, Bury, St. Edmunds, Suffolk, UK. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/toxcyanbegin.pdf

DANGAVS, N. V. 2010. Geología ambiental de la laguna de las Perdices, Monte, Buenos Aires, Argentina. Augmdomus. Asociación de Universidades Grupo Montevideo ISSN: 1:67-104.

DESIKACHARY, T.V. 1959. *Cyanophyta*. Indian council of Agricultural research New Delhi. India. 686pp.

DOWNING, J. A.; C. W. OSENBURG & O. SARNELLE. 1999. Metaanálisis of marine nutrient enrichment experiments: variation in the magnitude of nutrient limitation. Ecology 80 (4): 1157-1167.

ECHANIZ, S. A. & A. M. VIGNATTI. 1996. "Cladóceros limnéticos de la provincia de La Pampa (Argentina)". Rev. Fac. Agronomía. UNLPam 9 (1): 65-80.

ECHANIZ, S. A. & A. M. VIGNATTI. 2001. "Composición y variación anual de la taxocenosis de cladóceros planctónicos y química del agua de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina)". Rev. Fac. Agronomía. UNLPam 12 (2): 23-35.

ECHANIZ, S.A.; A.M. VIGNATTI & P.C. BUNINO. 2008. El zooplancton de un lago somero hipereutrófico de la región central de Argentina: cambios después de una década. *Biota Neotrop.* 8(4): 63-71.

ECHANIZ, S.A.; A. M. VIGNATTI; S. B. JOSÉ DE PAGGI & J. C. PAGGI. 2010. Los nutrientes en los sedimentos de lagunas de La Pampa. Relación con la granulometría y uso de la tierra. Tercer Congreso Pampeano del Agua. Santa Rosa, La Pampa. 23-31.

ECHANIZ, S. A. 2010. Composición y abundancia del zooplancton en lagunas de diferente composición iónica de la provincia de La Pampa. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. Argentina. 169 pags.

GEITLER, L.. 1932. Cyanophyceae. In: *Kryptogammenflora von Deutschland, Osterreich, under de Sweitz., Rabbenhorst, L. Eds)* Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. 14:1-1196.

GROSMAN, F. & P. SANZANO. 2003. ¿El pejerrey puede causar cambios estructurales en un ecosistema? *Biología acuática.* 20: 37 – 44

HAMMER, U. 1986. *Saline Lake Ecosystems of the World. Monographiae Biologicae* 59. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. 616 pp

HORGAN, M.J.. 2005. Differential structuring of reservoir phytoplankton and nutrient dynamics by nitrate and ammonium. Tesis Doctoral. Miami University, OH, EEUU. 89 pp.

KOMÁREK, J. & B. FOTT. 1983. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. – In: Huber–Pestalozzi, G. (ed.): *Das Phytoplankton des Süßwassers* 7. Teil, 1. Hälfte. –Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart. 1044 pp.

KURMAYER R.; G. CHRISTIANSEN; J. FASTNER & T. BORNER. 2004. Abundance of active and inactive microcystin genotypes in populations of the toxic cyanobacterium *Planktothrix* spp. *Environ Microbiol* 6: 831–841.

LINDHOLM, T.; P. ÖHMAN; K. KURKI-HELASMO; B. KINCAID & J. MERILUOTO. 1999. Toxic algae and fish mortality in a brackish-water lake in Åland, SW Finland. *Kluwer Academic Publishers. Hydrobiologia* 397: 109–120.

MAGURRAN, A.. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd., Victoria. Princeton University Press. 179 pp.

MANKIEWICZ, J.; M. TARCZYNSKA; Z. WALTER & M. ZALEWSKI. 2003. Natural toxins from cyanobacteria (blue-green algae) *Acta Biol Cracoviensia* 45:19–20.

MANKIEWICZ-BOCZEK, J.; I. GAGALA; M. KOKOCINSKI; T. JURCZAK & K. STEFANIAK. 2009. Perennial Toxigenic *Planktothrix agardhii* Bloom in Selected Lakes of Western Poland. *Wiley Periodicals, Inc.* 10- 20.

MBEDI, S.; M. WELKER; J. FASTER & C. WIEDNER. 2005. Variability of the microcystin synthetase gene cluster in the genus *Planktothrix* (*Oscillatoriales*, Cyanobacteria). *FEMS Microbiol Lett* 245:299–306.

NEHER, B. D.. 2011. Análisis de la composición algal en relación a los parámetros ambientales durante el verano en la laguna Don Tomás, La Pampa, Argentina. Tesina de grado de la Licenciatura en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam. 28 pp.

NÖGES P & I. Ott. 2003. Occurrence, coexistence and competition of *Limnothrix redekei* and *Planktothrix agardhii*: analysis of Danish-Estonian lake database. *Arch Hydrobiol Suppl Algal Stud.* 109: 429–441.

PHILLIPS, G.; O.P. PIETILAINEN; L. CARVALLO; A. SOLIMINI; A. LYCHE SOHEIM & A.C. CARDOSO. 2008. Chlorophyll–nutrient relationships of different lake types using a large European dataset. *Aquatic Ecology.* 42:213-226.

- PILATI, A.. 1997. Copépodos calanoideos de la provincia de La Pampa. Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam 9 (2): 57 - 67.
- PILATI, A.. 1999. Copépodos ciclopoideos en la provincia de La Pampa (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam 10 (1): 29 - 44.
- PILATI, A.; S. ECHANIZ; A. VIGNATTI & A. TRUCCO. 2009. Efecto del lavado de la ciudad de Santa Rosa sobre el estado trófico de una laguna arreica. *Biología Acuática*. 26: 177-184.
- PILATI, A.; M. J. VANNI; M. J. GON-ZALEZ & A. K. GAULKE. 2009. Effects of agricultural subsidies of nutri-ents and detritus on fish and plankton of shallow-reservoir eco-systems. *Ecological Applications*. 19 (4): 942-960.
- PRESCOTT, G.W.. 1951. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Cranbrook Inst. Sci. Bull. 31. Bloofield Hills, Michigan. 946 pp.
- QUIRÓS, R.; A. M. RENNELLA; M. B. BOVERI; J. J. ROSSO & A. SOSNOVSKY. 2002. Factores que afectan la estructura y funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecol. Austral*. 12:175-185.
- QUIRÓS, R. 2004. Sobre la morfología de las lagunas pampeanas. Serie de Documentos de Trabajo del Área de Sistemas de Producción Acuática. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Documento No 3, 16 p. <http://www.agro.uba.ar/users/quiros/>. Último acceso 2-11-2011.
- QUIRÓS, R. (inédito). La ecología de las lagunas de las pampas. <http://www.agro.uba.ar/users/quiros/>. Último acceso 2-11-2011.
- REDFIELD, A.C.; B.H. KETCHUM & F.A. RICHARDS. 1963. The influence of organism on the chemical composition of seawater. In: M.N. Hills (Ed) *The Sea: Ideas and obser-vations on progress in the study of the seas*, Vol 2: The composition of seawater, comparative and descrip-tive oceanography. New York: Inter-science. 26-77.

SCHEFFER, M.; S. HOSPER; M. MEIJER; B. MOSS & E. JEPPESEN. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution*. 8: 275 - 279.

SCHEFFER, M. 1998. *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman & Hall, London. 357 pp.

SHANNON, C.E. & W. WEAVER 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana.

SOMMER, U.; Z. M. GLIWIEZ; W. LAMPERT & A. DUNCAN. 1986. The PEG-model of seasonal sucesión of planktonic events in fresh waters. *Archiv. Hydrobiologie* 106: 433-471.

SOSNOVSKY, A & R. QUIRÓS. 2003. El estado trófico de las pequeñas lagunas pampeanas (Argentina), su relación con la hidrología y la intensidad del uso de la tierra. <http://www.agro.uba.ar/users/acuatica/MyStudentsStuff/Sosnovsky2003a.PDF>. Último acceso 2-11-2011.

TONK, L.; P.M. VISSER; G. CHRISTIANSEN; E. DITTMANN; E.O. SNELDER; C. WIEDNER; L.R. MUR & J. HUISMAN. 2005. The microcystin composition of the cyanobacterium *Planktothrix agardhii* changes toward a more toxic variant with increasing light intensity. *Appl Environ Microbiol*. 71: 5177–5181.

TRUCCO, A.. 2008. Comparación de las características limnológicas de dos cuencos adyacentes en la Laguna Don Tomás (Santa Rosa, La Pampa). Tesina de grado de la Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam. 35 pp.

VANNI, M. J.; S. ANDREWS; W. H. RENWICK; M. J. GONZALEZ & S. NOBLE. 2006. Nutrient and light limitation of reservoir phytoplankton in relation to storm mediated pulses in stream discharges. *Arch. Hydrobiol*. 167(1-4): 421-445.

VIGNATTI, A. M. & S. A. ECHANIZ. 1999. Presencia de *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) *menucoensis* Paggi, 1996 en la provincia de La Pampa (Argentina). Rev. Fac. Agronomía. UNLPam. 10 (1): 21-27.

VIGNATTI, A.; S. ECHANIZ & M. MARTÍN. 2007. El zooplancton de lagos someros de diferente salinidad y estado trófico en la región semiárida pampeana (La Pampa, Argentina). Gayana. 71 (1): 38 - 48.

VILLAFANE, V. & F. REID. 2005. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: Manual de Métodos Ficológicos; Alveal, Ferrario, Oliveira y Sar (eds.) Univ. de Concepción, Chile. 169-186.

VISCONTI, G. 2006. Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. 203 pp.

WENZEL, M. T. & M. M. Díaz. 2008. “*Cyanophyta del Parque Nacional Nahuel Huapi (Argentina), II*”. Darwiniana. 46 (1): 51-65.

WENZEL, M.T.; S.B. ALVAREZ & G.I. BAZÁN. 1996. Estudio preliminar de las cianofíceas del Embalse Casa de Piedra (Pcia. De La Pampa). Argentina. Physis (Buenos Aires), Secc B. 51 (120-121): 9-16.

WETZEL, R. G. 2001. Limnology: Lake and river ecosystems. Academic Press. 998 pp.

WILLAME R.; T. JURCZAK; J-F. IFFLY; T. KULL; J. MERILUOTO; & L. HOFFMANN. 2005. Distribution of hepatotoxic cyanobacterial blooms in Belgium and Luxembourg. Hydrobiologia. 551: 99–117.