

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

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

RELEVAMIENTO DE COMUNIDADES ALGALES Y DETERMINACIÓN DEL
ESTADO TRÓFICO Y CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA LUAN LAUQUEN,
PROVINCIA DE LA PAMPA (ARGENTINA)

MARÍA BELÉN ORIANI

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2014

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar el 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 la Cátedra de Protistas I, dependiente del Departamento de Ciencias Biológicas, durante el período comprendido entre el 1 de Abril de 2014 y el 31 de Diciembre de 2014, bajo la dirección de Dra. Graciela Inés Bazán y bajo la codirección de Lic. Andrea Emilia Biasotti.

18/12/2014

María Belén Oriani

Departamento de Ciencias Biológicas

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPAM, por el apoyo brindado.

A mi directora Dra. Graciela. I. Bazán, por su tiempo, dedicación y por enseñarme a ser mejor persona cada día.

A mi Co-Directora Lic. Andrea. E. Biasotti, por sus aportes, sugerencias y apoyo, para llegar a este día tan importante.

A María José Galea, por su colaboración, correcciones, acompañarme en este camino y brindarme todo su cariño.

A Susana. B. Álvarez, por ser la primera en mostrarme el interesante mundo de las Algas.

A mis padres y familia por su incondicionalidad y estar a mi lado en todo momento.

A Lucas, por su paciencia y amor infinito.

A mis amigos, por sus consejos, compañía y presencia.

RESUMEN

Esta tesina forma parte de un proyecto general que incluye el estudio de la dinámica ficológica en los sistemas lénticos de la provincia de La Pampa, desarrollado en el Dpto. de Ciencias Biológicas de la UNLPam. El objetivo del presente trabajo fue conocer y categorizar las comunidades algales de la laguna La Martina o Luan Lauquen (Dpto. Capital) y determinar la riqueza específica y distribución espacio temporal de la ficoflora estudiada, durante un ciclo anual. Desde mayo de 2011 a marzo de 2012 se realizaron muestreos estacionales en la Laguna Luan Lauquen (La Pampa, Argentina), período en el que se colectaron muestras biológicas y se registraron parámetros físico-químicos *in situ* y en laboratorio. Del análisis de las muestras ficológicas se determinaron 74 especies pertenecientes a las Clases Cyanophyceae (26), Chlorophyceae (10), Bacillariophyceae (35) y a las clases acompañantes Euglenophyceae (2) y Dinophyceae (1). Se confeccionaron tablas de presencia-absencia y porcentajes de frecuencia a fin de observar la distribución espacial y temporal de los taxa analizados. El grado de similitud de la comunidad ficológica a lo largo del período de muestreo varió entre $\geq 49,23$ y $\leq 53,33\%$. Los datos físico-químicos y biológicos obtenidos permiten indicar que la laguna Luan Lauquen presenta un ambiente eutrófico, caracterizado por aguas de pH alcalino, con alta salinidad. La saprobiedad, obtenida a partir de la autoecología de los organismos identificados, categoriza la Laguna Luan Lauquen como β -mesosapróbica, de aguas moderadamente contaminadas.

ABSTRACT

This thesis is part of a general project developed at the Department of Biological Sciences at the National University of La Pampa which includes the study of phytoplankton dynamics in lentic systems in La Pampa province. The objective of this study was to get to know and categorize the algal communities of Lake La Martina or Luan Lauquen (Capital Department) and to determine the specific richness and space temporal distribution of the phytoplankton studied during an annual cycle. From May 2011 to March 2012 seasonal samplings were conducted in Laguna Luan Lauquen (La Pampa province, Argentina). During this period, biological samples were collected and physicochemical parameters were recorded *in situ* and in laboratory. From the phytoplankton-sample analysis, 74 species belonging to the Cyanophyceae Classes (26), Chlorophyceae (10), Bacillariophyceae (35) and the accompanying classes Euglenophyceae (2) and Dinophyceae (1) were determined. Tables of presence-absence and frequency percentages were made to indicate an approximation of the spatial and temporal distribution of taxa analyzed. The degree of similarity of the phytoplankton community throughout the sampling period ranged between ≥ 49.23 and $\leq 53.33\%$. The obtained physico-chemical and biological data would suggest that Luan Lauquen lagoon belongs to an eutrophic environment, characterized by pH alkaline high-salinity water with high salinity. The saprobes obtained from autoecology of identified organisms, categorizes Luan Lauquen Lagoon as β -mesosaprobica, moderately polluted water.

ÍNDICE

I- INTRODUCCIÓN.....	1
Eutroficación.....	2
Comunidades algales.....	3
Ubicación del área de estudio.....	4
II- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
III- HIPÓTESIS.....	6
IV- OBJETIVOS.....	6
V- ÁREA DE ESTUDIO.....	7
Marco geomorfológico.....	8
Clima.....	8
Biodiversidad.....	9
Vegetación.....	9
Fauna.....	10
VI- MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
Recolección de muestras.....	11
Análisis de parámetros físico-químicos.....	12
Identificación de las algas.....	18
VII- RESULTADOS.....	20
Parámetros Ambientales.....	20
Análisis Florístico.....	24
VIII- DISCUSIÓN.....	36
IX- CONCLUSIONES.....	40
X- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

I- INTRODUCCIÓN

Los ambientes lénticos incluyen aquellos cuerpos de agua cuyas moléculas quedan en el mismo lugar o región. Una laguna se define como un ecosistema permanente o transitorio, sin el predominio exagerado de una dimensión sobre las otras, no presenta ciclo térmico definido ni estratificación persistente. Difiere del suelo emergido circundante sin discernir entre región litoral y profunda, con perfil en forma de una depresión muy abierta, de escasa profundidad (excepcionalmente supera los 4 m) y desarrollo de vegetación en la región litoral. Los nutrientes básicos son autogénicos y su evolución en el tiempo se realiza *in situ*, conduciendo hacia su extinción como cuerpos de agua (Ringuélet, 1962).

La variación en el grado de mineralización, tamaño y transitoriedad de las aguas epicontinentales influyen en la estructura y dinámica de la biota presente en estos ambientes. Existen cuerpos de agua efímeros en los cuales las poblaciones deben resistir la desecación a través de estrategias de resistencia. La adaptación y dispersión de los organismos dulceacuícolas a las fluctuaciones ambientales establecen su ubicuidad (Margalef, 1983).

El origen de las cubetas lacustres y su morfología abarca un campo de interés que excede el estudio de su relación casual. La geomorfología de los lagos se refleja íntimamente en los procesos físicos, químicos y biológicos y juega un rol principal en el control del metabolismo del ecosistema, en el marco de las restricciones climáticas impuestas por su localización (Wetzel, 2001).

En las últimas décadas el interés por el estudio de sistemas lénticos se ha incrementado, debido a que brindan importantes servicios a la sociedad y su conservación debe ser una inquietud de la ciudadanía.

En 1971 la convención Ramsar, implementó el término humedal para definir a *“aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros...”* concepto muy utilizado en la actualidad. Factores como clima, tipo de suelo y morfometría, determinan su productividad biológica.

Las lagunas o humedales de las pampas pueden caracterizarse como lagos someros, poco profundos, con tiempo de permanencia del agua y salinidad altamente variables. La proporción de nutrientes es la principal responsable del estado trófico de un ambiente convirtiéndolo en eutróficos y en consecuencia tiende a reducir la transparencia del agua por una mayor productividad (Bazán, 2010). Según Quirós (2005), estos humedales se ubican en suelos con destacada fertilidad que se transfiere en la elevada productividad biológica de los cuerpos de agua.

El origen del sistema léntico, el tamaño, forma, superficie, profundidad, naturaleza del fondo, radiación solar, estado trófico, como otras variables físico-químicas, son factores que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de las distintas comunidades de organismos que constituyen la laguna (Margalef, 1983).

De acuerdo al grado de transparencia de las aguas, existen lagunas "claras", donde predominan las macrófitas acuáticas emergentes y sumergidas, con baja concentración de fósforo total y biomasa algal, si bien se las ubica en el rango eutrófico-hipertrófico. Por otro lado, se encuentran lagunas con baja transparencia del agua, denominadas "turbias" que presentan una mayor biomasa del fitoplancton que no se refleja en la concentración de fósforo total (Quirós, 2005).

✓ EUTROFICACIÓN

La Argentina posee una amplia variedad de tipos de lagos, tanto en lo referente a su origen, como a su tamaño, forma, ubicación climática, química de aguas y fertilidad natural. Sin embargo, y ligado principalmente a la desigual distribución de su población y zonas de desarrollo, presenta graves problemas de eutrofización en algunos de sus lagos y embalses (Quirós, 2000).

El proceso de eutrofización se define como el enriquecimiento de las aguas con nutrientes a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas. Esta transformación puede ser natural o artificial (Sosnovsky & Quirós, 2006).

En la eutrofización natural las algas juegan un rol muy importante como productores primarios. El incremento en la concentración de nutrientes favorece el

crecimiento de ciertas poblaciones del plancton, que son responsables de una elevada actividad fotosintética inicial conduciendo a la producción de gran cantidad de biomasa y de oxígeno disuelto (Álvarez, 2002).

El enriquecimiento en nutrientes inorgánicos, particularmente el fósforo y nitrógeno, deriva en el aumento de la producción primaria de las aguas superficiales. Esto se conoce como eutrofización cultural, basado en la aceleración del proceso natural de eutrofización provocada por el hombre que desorganiza el normal funcionamiento de los ecosistemas acuáticos impidiendo que brinden los servicios que la sociedad necesita (Quirós, 2000).

Entre las causas del progresivo aumento de la contaminación por nutrientes, se incluyen la intensificación de eliminaciones provenientes de actividades agrícolas e industriales, la descarga de aguas cloacales como también distintas actividades que conducen hacia la eutrofización (Rodríguez *et al.*, 2008).

Las altas concentraciones de fitoplancton en los distintos cuerpos lénticos, que constituyen los humedales, provocan la turbidez en el agua y junto con el desarrollo masivo de los macrófitos vasculares afectan negativamente a su uso recreativo. El pastoreo de los herbívoros no alcanza para consumir el exceso de biomasa de productores. Esta situación asociada a la descomposición natural de los organismos, produce efectos organolépticos negativos e impiden en gran porcentaje el uso recreacional del cuerpo de agua (Laws, 1993; Gönülol & Obali, 1998).

✓ COMUNIDADES ALGALES

En los ecosistemas acuáticos, las comunidades algales y en particular las poblaciones de Cyanophyceae, Chlorophyceae y Bacillariophyceae ocupan un amplio rango de hábitat. Su composición y distribución están relacionadas con la química del agua, la estacionalidad y la geomorfología del cuenco (Biasotti *et al.*, 2013).

Dado el detallado conocimiento de los requerimientos específicos de las algas presentes y la estandarización de la metodología para su estudio, estos organismos brindan la información necesaria para la evaluación de la contaminación orgánica y la eutrofización de los cuerpos de agua (Salusso y Moraña, 2002).

En Argentina los monitoreos de ambientes acuáticos se basaron principalmente en la valoración físico-química y bacteriológica del agua. Con respecto a la comunidad fitoplanctónica los estudios sólo estuvieron centrados en relacionar sus cambios espaciales y temporales con las variables abióticas (Bazán, 2010).

Las poblaciones de fitoplancton tienen requerimientos fisiológicos particulares lo que provoca que la dinámica espacio-temporal esté gobernada por la interacción de factores abióticos y bióticos: temperatura, precipitación, viento, intensidad de luz, profundidad de la zona fótica, nutrientes orgánicos e inorgánicos y su interacción, competencia intra e interespecífica y depredación (Iparraguirre, 2012).

El crecimiento del fitoplancton se encuentra regulado por factores como la luz y los nutrientes. La restricción de este último es habitual en el plancton de agua dulce, si bien la identificación de los recursos limitantes se modifica espacial y estacionalmente. La variación de las comunidades en el tiempo abarca cambios cíclicos individuales, ritmos y desviaciones en la representación de las diversas especies, fluctuaciones y sucesión. En el fitoplancton, por la breve duración de la vida individual y la importancia de las modificaciones constatadas, los cambios anuales pueden tener el carácter de sucesiones (Margalef, 1983).

Dada su condición de productores primarios y su amplia distribución en los ecosistemas acuáticos las comunidades fitoplanctónicas han sido utilizadas como indicadores de calidad de agua a través de métodos ecológicos (riqueza específica, diversidad, índices de saprobiedad y análisis multivariados) debido a su amplia tolerancia ante las alteraciones del ambiente. Entre los grupos de algas indicadores, podemos citar a las cianofíceas formadoras de blooms, que suministran información de las características físico-químicas del ambiente y a las diatomeas, consideradas como indicadores de la calidad del agua y referentes geoambientales debido a su distribución casi ubicuitaria (Martínez de Fabricius *et al.*, 2003).

✓ UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En Argentina existen tres grandes regiones geomorfológicas, la cordillera de los Andes, la Patagonia y las grandes llanuras (Iriondo 1989).

La región de las Grandes Llanuras, que cubre el centro y provincias del noroeste, son el sitio de una extensa sedimentación continental. Esta región cuenta con pendientes suaves y está caracterizada por un extenso desarrollo de humedales de escasa profundidad y altamente variables en extensión, pues su nivel de agua depende de las precipitaciones y en menor medida de descargas freáticas (Drago & Quirós, 1996; Quirós, 1997).

La provincia de La Pampa, ubicada en el sudoeste de las Grandes Llanuras se caracteriza por el predominio de condiciones de aridez y semiaridez crecientes hacia el oeste, siguiendo un gradiente de precipitaciones anuales que va desde 700 mm al noreste,

hasta 300 mm al suroeste (Roberto *et al.*, 1994). Estas condiciones hacen que, si bien la totalidad del territorio de La Pampa está ubicado en el Dominio Chaqueño (Cabrera & Willink, 1980), puedan distinguirse regiones que difieren en sus aspectos biogeográficos y actividades antrópicas, con las consecuencias que estos tienen sobre los humedales (Bazán, 2010).

Dicha región presenta gran variabilidad en las características de sus ambientes lénticos, variables en su condición de permanentes o temporarios, grandes o pequeños, dulces o salados, que han tenido y tienen importancia histórica y económica en el desarrollo de la zona (Medus *et al.*, 1982).

El sistema de lagunas Luan Lauquen, de régimen semipermanente, está ubicado en la Región Fisiográfica Oriental, Dominio Biogeográfico Chaqueño, Provincia Pampeana (Cabrera, 1976).

En el ordenamiento de lagunas propuesto para la provincia de La Pampa, de acuerdo a sus características particulares la laguna La Martina o Luan Lauquen (Sistema Luan-Lauquen) pertenece a los humedales de la zona de los valles. Estas lagunas son en general extensas, alargadas y claramente alineadas en dirección NE-SO de acuerdo con la orientación de las depresiones. Suelen estar rodeadas por monte y recibir el aporte de considerables aluviones debido a lluvias violentas. En la actualidad se comportan como semipermanente y se ve afectada por la acción antrópica. Algunas conservan su condición de dulces mientras que otras son manifiestamente saladas, ya sea por surgentes o por el simple lavado y arrastre de sales del terreno circundante (Medus *et al.*, 1982).

II - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde hace algunas décadas es reconocida la importancia del uso de las algas como indicadores biológicos a través de métodos ecológicos (riqueza específica, diversidad, índices de saprobiedad, análisis multivariados, entre otros).

En Argentina, los monitoreos de ambientes acuáticos se basaron principalmente en la valoración fisicoquímica y bacteriológica del agua. Los estudios respecto a la comunidad fitoplanctónica estuvieron centrados en relacionar sus cambios espaciales y temporales con las variables abióticas.

El análisis de la biodiversidad de ambientes con heterogeneidad espacial y temporal muy marcadas es una condición de experimento natural interesante para realizar comprobaciones con otros tipos de ambientes.

III – HIPÓTESIS

Por lo expuesto anteriormente y con el fin de desarrollar el presente trabajo se formulan las siguientes hipótesis:

- ✓ La composición y distribución temporal de las comunidades algales están influidas por factores fisico-químicos.
- ✓ La composición y distribución de las comunidades algales presentarán fluctuaciones estacionales a lo largo de un ciclo anual.

IV – OBJETIVOS

- ✓ Conocer y categorizar las comunidades algales de la laguna La Martina o Luan Lauquen (Dpto. Capital).
- ✓ Determinar la riqueza específica y la distribución espacio temporal de la ficoflora estudiada, durante un ciclo anual.

V- ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se sitúa en la Región Oriental, subregión de Colinas y Lomas, dentro del Departamento Capital (La Pampa) a 36°18'38.94" Lat S y 64°17'05.41" Long O, a 132 msnm. Se encuentra ubicada en la Estancia San Carlos a 30 km de la ciudad de Santa Rosa (figs. 1 y 2).

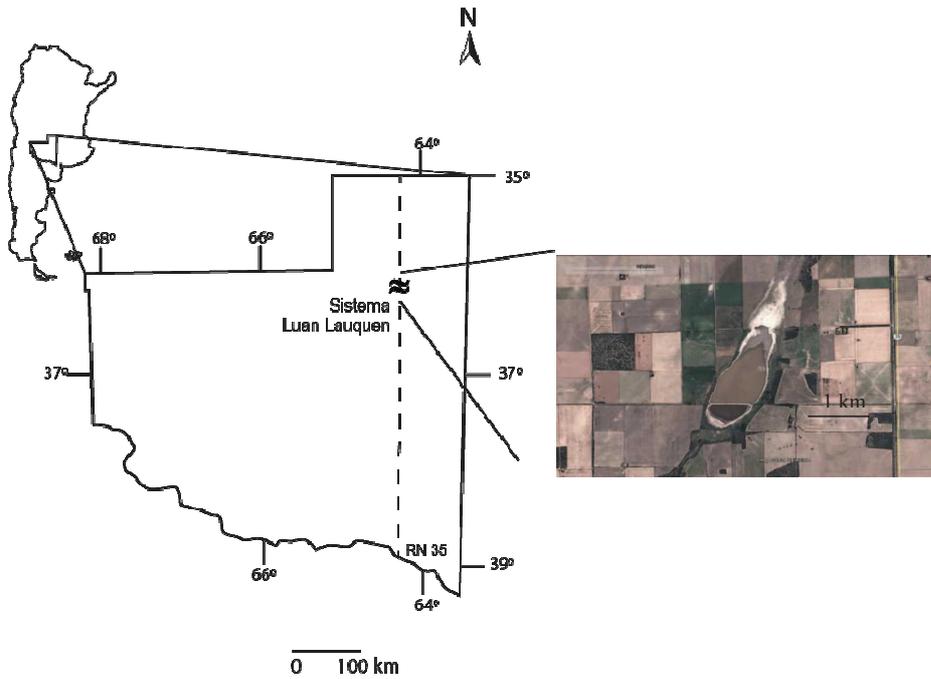


Fig. 1: Ubicación geográfica e imagen satelital de la laguna Luan Lauquen (Pcia de La Pampa).



Fig. 2. Acceso a la Estancia "San Carlos" donde se ubica la Laguna Luan Lauquen (L.P.).

Debido al régimen intermitente de la laguna Luan Lauquen en períodos de sequía el área es incorporada a la explotación agrícola-ganadera (Álvarez *et al.*, 2000).

✓ Marco Geomorfológico

La laguna Luan Lauquen se ubica sobre una planicie uniforme suavemente ondulada con una pendiente regional SW-NE. El microrelieve está compuesto por pequeñas lomas y depresiones. El relieve primitivo fue el de una pediplanicie, de la que persisten numerosos cerros testigos y geformas relictuales en cuya cúspide se presenta una costra calcárea potente. Los procesos morfogénicos de origen hídrico actuaron predominantemente destruyendo y degradando el calcáreo. Posteriormente la acción eólica contribuyó al modelado del paisaje, aportando sedimentos arenosos en las partes deprimidas del relieve (Cano *et al.*, 1980).

Hidrológicamente la laguna La Martina o Luan Lauquen, se encuentra ubicada en la región de los valles transversales donde existen cuerpos de agua notables, en su mayoría salados, si bien son muchos más los que se caracterizan por alimentarse por lluvias, manantiales y arroyos. Dentro de la región, el origen del agua subterránea es la infiltración de las lluvias en zonas medanosas y en las depresiones de las llanuras elevadas; el manto de tosca actúa como limitante para la infiltración favoreciendo la surgencia en valles y bajos; en el subsuelo se localizan dos grandes acuíferos: valle Argentino y Chapalcó, con una extensión de 1600 Km² y 400 Km² respectivamente (Hernandez Bocquet, 2009).

✓ Clima

El clima de la región pampeana se puede definir como templado húmedo sin temporada seca y verano cálido con precipitaciones medias anuales que aumentan de sudoeste a noreste. La región como un todo no posee un régimen de precipitaciones estable y normalmente existen ciclos de sequía-inundación interanuales que se reflejan profundamente en el funcionamiento del humedal y sus lagunas (Quirós, 2005).

El área de la subregión de colinas y lomas presenta un clima uniforme, con inviernos fríos y veranos cálidos. El período medio sin presencia de heladas es de 200 días. El régimen térmico favorece la producción agrícola.

Los vientos tienen un comportamiento similar al de toda la provincia, con predominio N-NE y S-SW con una velocidad promedio anual de 10 km/h. (Cano *et al.*, 1980).

✓ Biodiversidad

Vegetación

Se detallan a continuación los tipos fisonómicos de vegetación presentes en la subregión de colinas y lomas y la superficie aproximada cubiertas por las mismas (Cano *et al.*, 1980):

- ✓ Los cultivos alcanzan el 90% de la superficie de la región, con especies estivales como sorgo granífero y forrajero, maíz y mijo, usados tanto para forraje como grano. Entre las especies invernales se encuentran centeno, avena y cebada, empleadas en general para forraje y trigo para cosecha de grano. Entre las especies perennes más utilizadas se encuentran el pasto llorón y alfalfa.
- ✓ En las áreas medanosas se implantó *Eragrostis curvula*, tanto para complemento de pastoreo como método para la fijación de médanos vivos.

La continuidad de cultivos, trajo como consecuencia una merma en la fertilidad de los suelos, que derivó en la disminución del rendimiento de las cosechas en los últimos años.

Respecto a las malezas, se encuentran especies íntimamente relacionadas con el tipo de cultivo y la época del año. En los cultivos de trigo es frecuente encontrar *Kochia scoparia*, *Chenopodium album*, *Solanum meloncillo* y *Convolvulus arvensis* entre otros. En cambio, en los alfalfares es muy común hallar *Carduus nutans*, *Salsola kali*, *Centaurea solstitialis* y *Taraxacum officinale*.

En verano es habitual la presencia de especies como *Cynodon dactylon*, *Datura ferox*, *Cucumis anguria*, *Setaria* sp., *Cenchrus pauciflorus*.

En torno a los establecimientos rurales y sus accesos, se cultivan variedades forestales (eucaliptos, pinos, olmos, etc.) con el fin de proteger de los vientos y generar sombra para el hombre o los animales.

- ✓ La vegetación natural abarca un 10% de la superficie total, constituida por pastizales naturales, bosques de *Prosopis caldenia*, matorrales y arbustales halófilos. En los pastizales naturales hay dominancia de *Stipa tenuissima* y *S. brachychaeta*, alternándose con especies rastreras como *Medicago minima*, *Cynodon hirsutus* y *Erodium cicutarium*.

El bosque de *Prosopis caldenia*, ha sido desmontado masivamente, quedando reducido a pequeñas áreas. Aparecen también bosquecillos de *Geoffroea decorticans*, formando isletas, conservadas para la sombra del ganado.

En algunos sectores de la subregión hay lagunas débilmente salinas, rodeadas de matorrales y arbustales halófilos, dominados por *Distichlis spicata* con *Juncus acutus* y matorrales bajos de *Salicornia ambigua* y *Suaeda patagónica*. Algunas depresiones están cercadas por áreas medanosas con leve ondulación, donde crecen pastizales mixtos con especies sammófilas y halófilas. En los sitios más elevados y alejados de la laguna coexisten pastizales de *Pappophorum caespitosum*, *Poa lanuginosa* y *Stipa papposa*.

En el paisaje hacia el bosque de caldén, hay arbustales mixtos de *Atriplex undulata*, *Cyclolepis genistoides*, *Condalia microphylla* y *Lycium gilliesianum*.

Fauna

En el trabajo realizado por diversos autores como complemento del Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa, se mencionan allí a los vertebrados registrados para la subregión de colinas y lomas (Siegenthaler *et al.*, 2004).

Entre los anfibios presentes se encuentran: *Rhinella arenarum*, *Leptodactylus mystacinus* y *Leptodactylus ocellatus*; mientras que los reptiles citados para el sitio son: *Liolaemus darwini*, *Teius oculatus*, *Elapomorphus spegazzinii*, *Lystrophis dorbigni*, *Lystrophys semicinatus*, *Philodryas psammophideus*, *Bothrops ammodytoides*.

Las aves están representadas en gran número de especies y han sido citadas: *Rhea americana*, *Nothoprocta cinerascens*, *Podiceps occipitalis*, *Theristicus caudatus*, *Coscoroba coscoroba*, *Anas geórgica*, *Cathartes aura*, *Geranoaetus melanoleucus*, *Polyborus plancus*, *Milvago chimango*, *Falco sparverius*, *Vanellus chilensis*, *Himantopus mexicanus*, *Columba maculosa*, *Zenaida auriculata*, *Myiopsitta monachus*, *Guira guira*, *Athene cunicularia*, *Colaptes melanochloros*, *Colaptes campestris*, *Drymornis bridgesii*, *Furnarius rufus*, *Suiriri suiriri*, *Pyrocephalus rubinus*, *Phytotoma rutila*, *Troglodytes aedon*, *Mimus saturninus*, *Gubernatrix cristata*, *Zonotrichia capensis*, *Molothrus bonariensis*, *Sturnella loyca*.

Entre los mamíferos se mencionan *Chaetophractus villosus*, *Lycalopex gymnocercus*, *Conepatus chinga*, *Galictis cuja*, *Microcavia australis*, *Lepus europaeus*.

VI- MATERIALES Y MÉTODOS

Se procedió al estudio de muestras planctónicas procedentes de diferentes sitios ubicados en la orilla de la laguna Luan Lauquen, también conocida como “La Martina” (figs. 3a y b).



Figs. 3 a y b. Vista panorámica de la Laguna Luan Lauquen.

VI.1- Recolección de muestras

En función de la hoja satelital y la cartografía correspondiente al área de estudio, se realizó un viaje exploratorio a fin de considerar la accesibilidad al cuenco. Como sitios de muestreo se establecieron las orillas este y noreste de la Laguna Luan Lauquen por ser éstos los márgenes de acceso más viable.

Los muestreos estacionales fueron realizados entre mayo de 2011 y marzo de 2012 con colectas biológicas y físico-químicas para análisis de laboratorio.. Las muestras de fitoplancton se obtuvieron por arrastre manual a escasos centímetros de profundidad, realizándose posteriormente la fijación con formol 4%. Para las algas adheridas a sustratos naturales y/o artificiales se efectuó raspado superficial según las técnicas convencionales (Schwoerbel, 1975; Lopretto & Tell, 1995). Las muestras se depositaron en el Herbario de la Facultad de Agronomía (UNLPam) bajo las siglas SRFA.

Las variables físico-químicas registradas *in situ* fueron: pH, temperatura del agua y del aire, conductividad, oxígeno disuelto y transparencia con disco de Secchi. Las muestras colectadas para análisis físico-químicos de laboratorio fueron recogidas en botellas de polietileno de 1 litro de capacidad, sin burbuja de aire y conservadas en frío a resguardo de la luz hasta su tratamiento en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo (UNLPam) según las técnicas propuestas en APHA, AWWA, WPCF (1992) y Appelo & Postma (1993).

VI.2. Análisis de parámetros físico-químicos

✓ Métodos de parámetros físicos y agregados

✓ pH

La mayoría de las aguas presentan valores de pH entre 4 y 9. La determinación de pH indica la capacidad buffer de una muestra, en términos de alcalinidad y acidez.

**Principio del método:* Se expresa en función de unidades de pH. Este se define como la inversa del logaritmo de la concentración de los hidrogeniones expresada en moles por litro.

**Aplicabilidad:* Generalmente se aplica este análisis a agua dulce, agua salada, agua de mar y aguas residuales.

**Instrumentación:* Se utilizó un pHmetro/ISE portátil digital, modelo 250 Orion. Se calibra potenciométricamente con un electrodo indicador usando un electrodo estándar y un electrodo de referencia.

✓ TRANSPARENCIA

La extinción de la luz en ambientes acuáticos está determinada por la cantidad de partículas en suspensión, pigmentos disueltos y las características propias del agua.

El valor de la transparencia, medida con el disco de Secchi, se utiliza como una estimación de la extinción de la luz en el agua (French *et al.*, 1982).

**Principio del método:* Científicamente, la profundidad de transparencia es, en la ecuación de Beer-Lambert, la longitud de la trayectoria a través de la cual la luz se dispersa y se absorbe en función de la concentración de las partículas en el agua. La transparencia del disco Secchi es también una función de la reflexión de la luz desde la superficie del agua. Aunque existe una relación parabólica general entre la materia orgánica disuelta y la transparencia, análisis teóricos y observaciones empíricas han demostrado que la profundidad del disco Secchi se asocia más con la materia particulada suspendida que con los orgánicos disueltos. La materia particulada en suspensión pueden ser algas u otros sólidos suspendidos.

**Aplicabilidad:* Las mediciones de la profundidad del disco Secchi se han utilizado en los modelos de lagos eutrofizados para estimar el estado trófico. Igualmente se aplica

Secchi a agua dulce, agua salada, agua de mar y aguas residuales. Los resultados de la transparencia del agua se obtienen haciendo uso de un disco de Secchi anotando el valor promedio de las mediciones registradas al bajar y al subir el disco.

**Instrumentación:* Se utilizó un disco de Secchi de 20 cm de diámetro, con cuadrantes blanco y negro alternados (fig. 4).



Fig. 4. Disco de Secchi.

✓ CONDUCTIVIDAD

La medida de conductividad indica la concentración aproximada total de constituyentes ionizados en el agua; está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinados químicamente, que se relaciona con los iones disueltos.

**Principio del método:* La conductividad eléctrica se ha definido como la inversa de la resistencia específica, que es la resistencia de una muestra de electrolito de 1 cm de longitud y 1 cm² de sección, a una temperatura definida. La unidad de la conductividad específica es por lo tanto, 1 ohm/cm y por razones prácticas, se utiliza el milimho o micromho.

**Aplicabilidad:* Generalmente se aplica este análisis a agua dulce, agua salada, agua de mar y aguas residuales.

**Instrumentación:* La conductividad puede determinarse en forma sencilla, mediante una celda de conductividad y un puente de Wheastone común, refiriendo el sistema a una

misma temperatura y a una solución de conductividad conocida. Conductímetro portátil digital modelo 105 Orion.

✓ TEMPERATURA

Las mediciones de temperatura son utilizadas en cálculos de alcalinidad, en estudios de saturación y salinidad, con respecto al carbonato de calcio, en el cálculo de salinidad y en general en operaciones de laboratorio. Asimismo posibilitan la identificación de la fuente de agua y profundidad de los pozos.

**Principio del método:* Las mediciones se deben realizar con el termómetro sumergido directamente en el cuerpo de agua, durante un período suficiente para permitir lecturas constantes.

**Aplicabilidad:* Para todo tipo de aguas.

**Instrumentación:* Normalmente las mediciones de temperatura se efectúan con un termómetro de respuesta rápida. Para ello se utiliza un termómetro de alcohol, digital o de mercurio, con graduación 1/10°C. Termómetro digital Lufman P300.

✓ ALCALINIDAD TOTAL

La alcalinidad de un agua es su capacidad de neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables. Es la medida de una propiedad agregada del agua, y solamente puede interpretarse en términos de sustancias específicas cuando se conoce la composición química del agua.

**Principio del método:* La muestra es titulada con ácido sulfúrico hasta el punto final correspondiente a un determinado pH. "Alcalinidad de fenoftaleína" es utilizada para designar la cantidad medida mediante titulación a pH 8,3, como consecuencia del cambio de color del indicador fenoftaleína e indica el total de hidróxidos y una mitad del carbonato presente. La alcalinidad total es determinada por titulación hasta un pH de 3,7-5,1, e incluye carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.

**Aplicabilidad*: Es importante en la interpretación y control de los procesos de tratamiento de aguas limpias y residuales. Tiene importancia también para la determinación de la aceptabilidad de agua para irrigación.

**Instrumentación*: Se utiliza un titulador digital.

✓ DUREZA

La dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato cálcico, en mg/l.

**Principio del método*: Método titulométrico de EDTA. El ácido etilendiaminotetracético y sus sales de sodio forman un complejo de quelato soluble al añadirse a las soluciones de algunos cationes metálicos. Si a una solución acuosa que contenga iones calcio y magnesio a un pH de 10 +/- 0,1, se añade una pequeña cantidad de indicador como negro de eriocromo T o calmagita, la solución toma un color rojo vino. Al añadir el EDTA como reactivo de titulación, los iones calcio y magnesio forman un complejo y, cuando todos estos iones estén incluidos en dicho complejo, la solución cambiará del rojo vino al azul, señalando el punto final de la titulación.

Método espectrofotométrico. El método colorimétrico suplanta al método titrimétrico de dureza en caso de que los niveles de calcio y magnesio sean muy bajos. El indicador utilizado es calmagita, el cuál forma un color azul-púrpura en soluciones extremadamente alcalinas y cambia a rojo cuando reacciona con el calcio y magnesio libre.

**Aplicabilidad*: Los métodos son aplicables a todo tipo de aguas. El método espectrofotométrico proporciona una gran exactitud en aguas con bajo tenor salino. El método de titulación de EDTA, puede aplicarse a cualquier clase de agua, facilitando un medio de análisis rápido.

**Instrumentación*: Se utiliza un titulador digital o espectrofotómetro UV-visible.

✓ **Métodos de componentes inorgánicos no-metálicos**

✓ **FLUORUROS**

Los fluoruros que se encuentran en la naturaleza son, por lo general, poco solubles. Este ion es un elemento importante ya que permite establecer el movimiento del agua subterránea y también diferenciar su origen en relación con los diferentes tipos de rocas con que está relacionada. Tiene gran importancia biológica, debido a que, en concentraciones superiores a 1 mg/l puede producir alteraciones en el esmalte dental.

**Principio del método:* El método colorimétrico SPANDS se basa en la reacción entre fluoruros y una laca coloreada de zirconio. El fluoruro reacciona con la laca coloreada, disociando una parte de ella para dar un anión complejo incoloro (ZrF_6^{-2}) y el colorante. Al aumentar el contenido de fluoruro, el color producido se hace cada vez más pálido.

**Aplicabilidad:* El método se aplica a todo tipo de aguas.

**Instrumentación:* Se utiliza un espectrofotómetro UV-visible.

✓ **NITRATOS**

Es el compuesto del nitrógeno que se halla en el estado más oxidado. Los nitratos son todos solubles en agua, por lo tanto entran fácilmente en solución. Los nitratos que se encuentran en el agua, se deben a la disolución de rocas que los contienen y/o a una oxidación bacteriana sobre la materia orgánica, principalmente de origen animal y a veces vegetal.

**Principio del método:* El cadmio metálico reduce los nitratos presentes en la muestra a nitritos, los cuáles al reaccionar en medio ácido con ácido sulfanílico para formar una sal intermedia coloreada.

**Aplicabilidad:* Se aplica a todo tipo de aguas.

**Instrumentación:* Se utiliza un espectrofotómetro UV-visible.

VI.1.3. Análisis de actividad metabólica de microorganismos

✓ OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto juega un papel importante en la solubilización o insolubilización de iones que cambian con facilidad de valencia, así como en la actividad metabólica de los microorganismos.

La estrecha relación de la solubilidad del oxígeno, disuelto en el agua, con la temperatura, convierte esta variable en una medida dependiente, no solo del OD sino también del nivel de actividad e interacción con otros organismos que integran la biocenosis del ecosistema. Por otra parte su medida infiere un equilibrio dinámico en un ambiente eutrófico como lo es la laguna en estudio. También es viable e importante expresar aquí que la presión atmosférica es otra variable que influye en la solubilidad del O₂, y por ende su disponibilidad como OD.

**Principio del método:* La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura y la presión atmosférica.

**Aplicabilidad:* Se considera la medición de este parámetro para agua dulce, salada, agua de mar y residuales.

**Instrumentación:* Oxímetro digital Lutron DO- 5510 (figs. 5 a y b).



Fig. 5 a y b. Empleo de Oxímetro digital Lutron DO- 5510, pHmetro/ISE portátil y Conductímetro digital 105 Orion.

✓ SÓLIDOS

Es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida.

-SÓLIDOS TOTALES SECADOS a 103°C-105°C (RESIDUO SECO)

**Principio del método:* Se evapora una muestra correctamente mezclada en una placa pesada y secada a peso constante en un horno a 103°C-105°C. La diferencia del peso con el de la placa vacía representa los sólidos totales (mg).

**Aplicabilidad:* Es adecuado para la determinación de sólidos en aguas potables, de superficie y salinas, así como para aguas residuales domésticas e industriales.

**Instrumentación:* Placas de evaporación de 100 ml de capacidad. Horno de secado para operaciones que permitan una temperatura constante de 103°-105° ±°C. Desecador, provisto de un desecante que contenga un indicador colorimétrico de concentración de humedad.

VI.2- IDENTIFICACIÓN DE LAS ALGAS

Las muestras biológicas se observaron bajo microscopio Kiowa Medilux 12, con cámara clara de Abbe a fin de identificar los organismos presentes. Alícuotas de las muestras fueron utilizadas para la observación de las valvas de Bacillariophyceae en donde se siguió el método de Batterbee (1986) para la eliminación de materia orgánica. Se procedió al montaje de preparados diatomológicos permanentes utilizando Zrax® (I.r.= 1,7) para su observación al microscopio óptico (Hasle, 1978).

Para la identificación taxonómica se consultaron, principalmente, las floras estándar de Hustedt (1930), Geitler (1932), Desikachary (1959); Patrick & Reimer (1966, 1975); Prescott (1951); Komárek & Fott (1983); Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991 a y b); Tell & Conforti (1986); Komárek & Anagnostidis (1999; 2005).

El total de taxa determinados se ordenó según Bourrelly (1968, 1970 y 1972), para las Clases Cyanophyceae, Chlorophyceae y según Simonsen (1979) para las Bacillariophyceae. La flora asociada Euglenophyceae y Dinophyceae se determinó y ordenó con literatura específica para cada grupo y región.

Para establecer la distribución espacio temporal a lo largo del ciclo anual se construyeron tablas de presencia-ausencia de los taxones y % de frecuencia relativa, según:

$$Fr = Si / N \times 100$$

Donde,

Fr: frecuencia relativa.

Si: presencia de la especie "i" en las muestras.

N: número total de muestras.

Para la categorización de la salud biológica de la laguna Luan Lauquen se aplicó el método de los saprobios de Pantle & Buck (Schwoerbel, 1975). El grado sapróbico se determinó mediante el cálculo de la frecuencia de cada especie y la valencia sapróbica de cada una de ellas obtenida mediante investigaciones propias y comparaciones con datos físico-químicos y bibliográficos existentes (Sladeczek, 1973; Schwoerbel, 1975; Licursi & Gómez, 2003; Barinova *et al.*, 2008; Bellinger & Sigeo, 2010; Barinova & Nevo, 2010; Barinova *et al.*, 2011).

Estos datos se incorporan a la fórmula propuesta, obteniéndose de esta manera el valor de saprobiedad durante el ciclo anual.

$$S = \Sigma (s \times h) / \Sigma h$$

Donde:

s= valor sapróbico

h= frecuencia

Los rangos de Saprobiedad, según Pantle & Buck, fluctúan entre los siguientes valores:

S= 1,0-1,5: contaminación muy debil (o)

S= 1,5-2,5: contaminación moderada (β)

S= 2,5-3,5: contaminación fuerte (α)

S= 3,5-4,0: contaminación muy fuerte (ρ)

VII- RESULTADOS

✓ Parámetros Ambientales

El *pH* de la Laguna Luan Lauquen registró una tendencia alcalina durante las fechas de muestreo. El rango osciló entre un mínimo de 9,27 en otoño de 2011 y un máximo de 9,98 en primavera del mismo año (fig. 6).

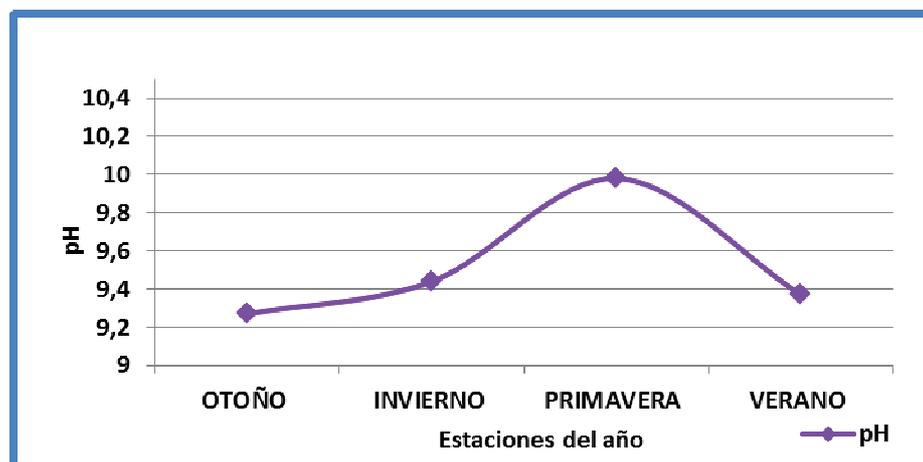


Fig. 6: Valores de pH medidos *in situ* en la Laguna Luan Lauquen en las distintas estaciones del año (2011-2012).

En el ciclo considerado y para las fechas de muestreo la *temperatura del aire* sufrió las variaciones típicas a lo largo del año. No se hallaron importantes diferencias entre las temperaturas invernales y estivales (fig. 7).

Los valores de *temperatura del agua* acompañaron las oscilaciones de los registros del aire y la *profundidad* del cuenco (fig.6). La intensa radiación solar incidente en el cuerpo de agua sumada a la escasa profundidad del mismo coincide con el valor mayor obtenido en primavera 2011 (27 °C).

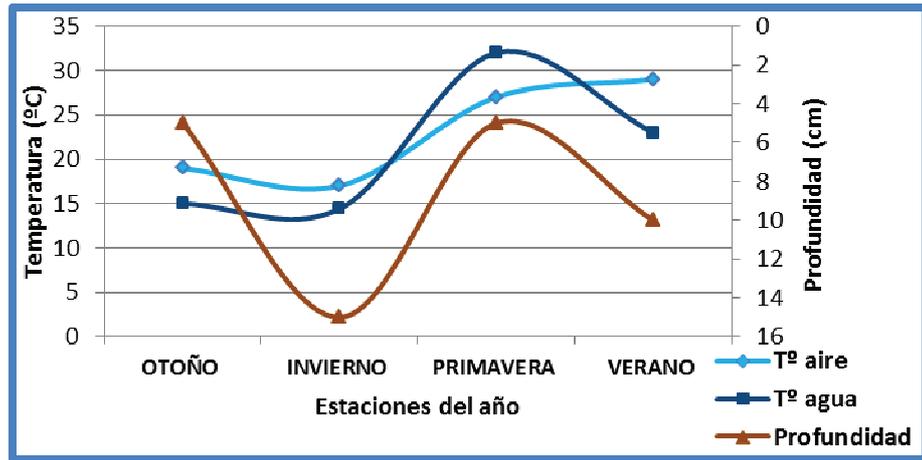


Fig.7: Oscilaciones de los valores de profundidad, temperatura del agua y del aire en la Laguna Luan Lauquen durante Otoño 2011- Verano 2012.

Simultáneamente con la variación de la temperatura del agua se registraron los cambios en los valores de *oxígeno disuelto* (fig.8).

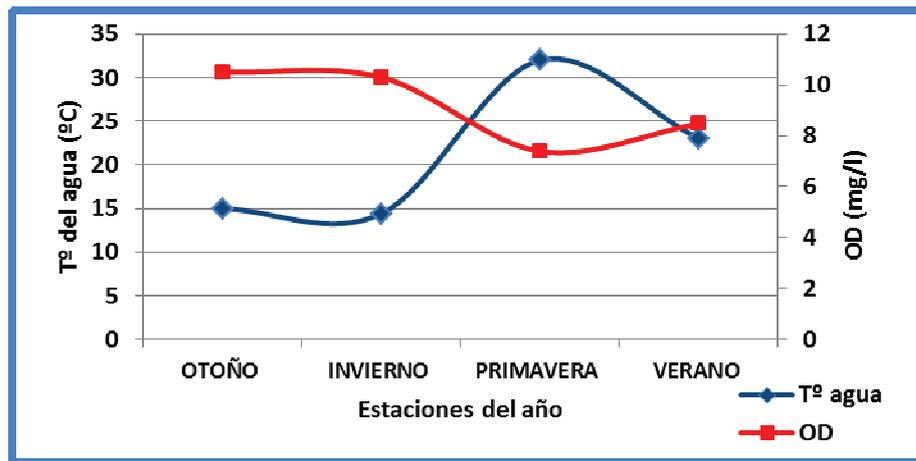


Fig. 8: Registros de la variación de la temperatura del agua y el oxígeno disuelto en la Laguna Luan Lauquen en las distintas estaciones del año (2011-2012).

Los valores de *Transparencia* (registrada con el disco de Secchi) oscilaron entre un mínimo de 0,3 cm en verano y un máximo de 10 cm en invierno (fig. 9).

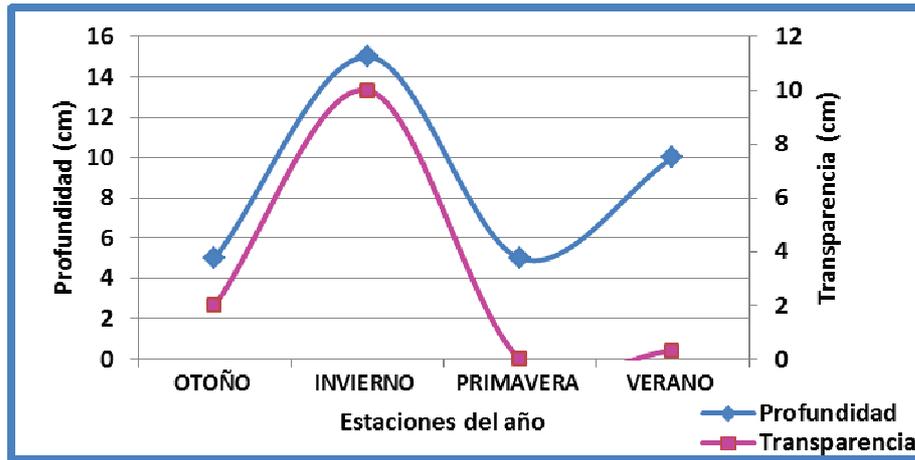


Fig. 9: Valores de la profundidad y transparencia registrados con disco de Secchi para las distintas estaciones del año (2011-2012) en la Laguna Luan Lauquen.

Respecto a la **conductividad**, los valores obtenidos a lo largo del período estudiado varían para las 4 estaciones del año. Presenta un pico máximo de 21,9 mS en primavera y en las restantes estaciones los valores oscilan entre 2,84 mS (invierno 2011) y 3,97 mS (otoño 2011) (fig. 10).

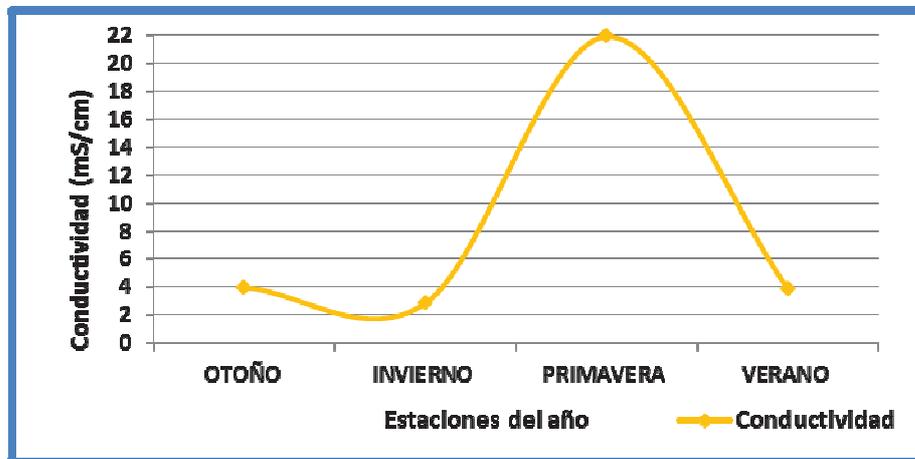


Fig. 10: Registro de la conductividad en la Laguna Luan Lauquen durante las estaciones del año (2011-2012).

Los valores de *residuo seco* (sólidos totales a 105°C) fluctuaron entre un mínimo de 371 para otoño 2011 y un máximo de 3651 mg/l en invierno del mismo año (fig. 11).

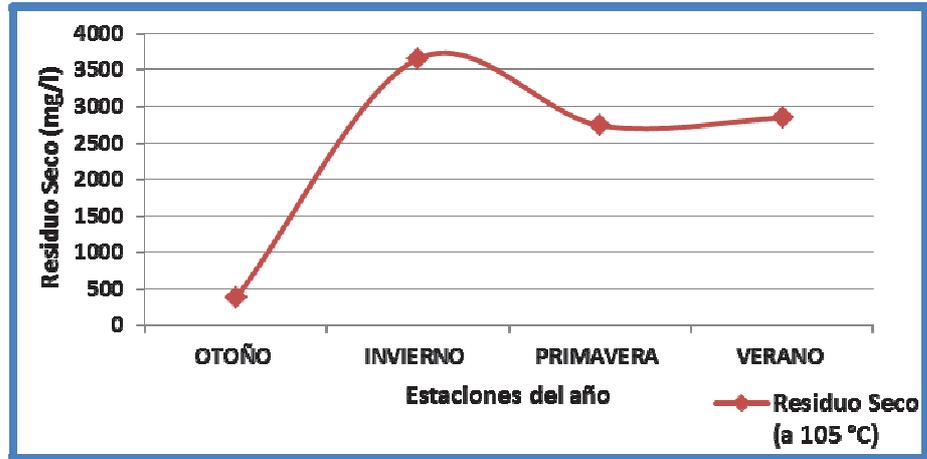


Fig. 11: Valores de residuo seco en las diferentes estaciones del año (2011-2012) en la Laguna Luan Lauquen.

El *flúor*, presenta valores que oscilan entre 1,31 y 3,54 mg/l y la *alcalinidad total* (*bicarbonatos* + *carbonatos*), mostró una variación entre 0,675 y 2120 mg/l. En cuanto a la *dureza total*, los valores obtenidos variaron entre 0,47 y 108,8 mg/l.

En los *nitratos* se registró un rango entre 18 y 81 mg/l, valores límites registrados en verano de 2012 y primavera de 2011 respectivamente (fig. 12).

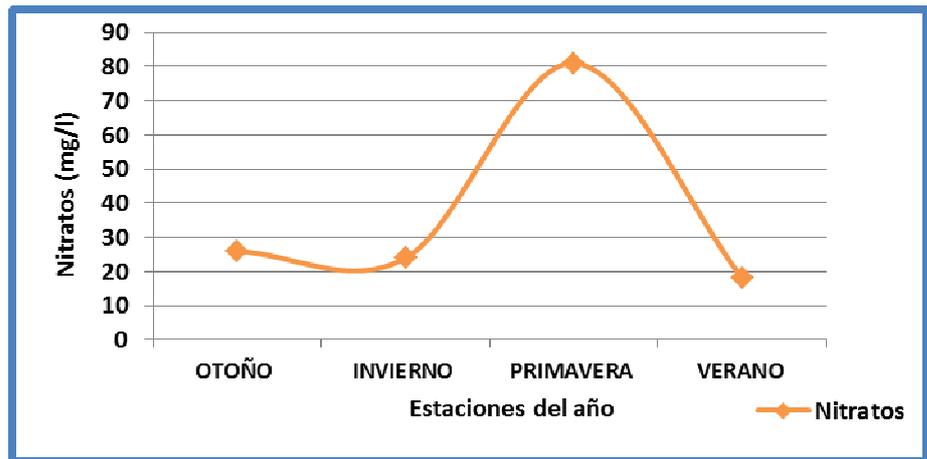


Fig. 12: Registros de valores de nitratos en la Laguna Luan Lauquen en las diferentes estaciones del año (2011-2012).

Los parámetros fisicoquímicos determinados a partir de las muestras de agua obtenidas se detallan a continuación (tabla 1).

Tabla 1: Resultados de análisis físico-químicos de la Laguna Luan Lauquen durante el período mayo 2011-marzo 2012.

	OTOÑO 2011	INVIERNO 2011	PRIMAVERA 2011	VERANO 2012
pH	9,27	9,44	9,98	9,37
T° aire (°C)	19	17	27	29
T° agua (°C)	15,0	14,4	32,0	23,0
Conductividad (mS/cm)	3,97	2,84	21,90	3,82
OD (mg/l)	10,50	10,30	7,39	8,46
Profundidad (cm)	5	15	5	10
Prof. Secchi (cm)	2	10	-	0,3
Residuo Seco mg/l (a 105°)	371	3651	2733	2838
Nitratos (mg/l)	26	24	81	18
Flúor (mg/l)	1,40	1,76	3,54	1,31
Alcalinidad (µg/l)	87,600	0,675	2.120	0,292
Dureza (µg/l)	108,80	3,36	0,47	0,74

✓ Análisis Florístico

De las muestras colectadas en la Laguna Luan Lauquen entre mayo 2011 y marzo 2012, se determinaron 74 taxa pertenecientes a las Clases Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae y Dinophyceae ampliándose el registro de especies citadas para esta región de humedales (tabla 2).

Tabla 2. Lista taxonómica de algas identificadas en la Laguna Luan Lauquen, campaña 2011-2012.**Clase Cyanophyceae****Orden Chroococcales**

Dactylococcopsis raphidiodes Hansgirg

Merismopedia punctata Meyen

Microcystis pulverea (Wood) Fonti

Orden Nostocales

Anabaena sp. 1

Anabaena sp. 2

Anabaena aphanizomenoides Forti

Anabaena sphaerica Bornet & Flahault

Anabaenopsis arnoldii Aptekar

Nodularia spumigena Mertens ex Bornet & Flahault

Nostoc spongiaeforme C. Agardh ex Bornet & Flahault

Spirulina subsalsa Ørsted ex Gomont

Orden Oscillatoriales

Jaaginema subtilissimum (Kützing ex De Toni) Anagnostidis & Komárek

Leptolyngbya fragilis (Gomont) Anagnostidis & Komárek

Leptolyngbya tenuis (Gomont) Anagnostidis & Komárek

Oscillatoria sp.

Oscillatoria ornata Kützing ex Gomont

Oscillatoria simplicissima Gomont

Oscillatoria subbrevis Schmidle

Oscillatoria subbrevis f. *major* Desikachary

Oscillatoria tenuis Agardh ex Gomont

Phormidium sp.

Continuación Tabla 2

Phormidium bohneri Schmidle

Phormidium corium var. *capitatum* Gardner

Phormidium laetevirens (Crouan ex Gomont) Anagnostidis & Komárek

Phormidium molle Gomont

Phormidium rubroterricola Gardner

Clase Chlorophyceae

Orden Chlorococcales

Coelastrum astroideum De Notaris

Kirchneriella aperta Teiling

Monoraphidium sp.

Monoraphidium arcuatum (Korshikov) Hindax

Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová

Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat

Schroderia setigera (Schröder) Lemmermann

Orden Chaetophorales

Stigeoclonium polymorphum (Franke) Heering

Stigeoclonium stagnatile (Hazen) F.S Collins

Orden Zygnematales

Mougeotia sp.

Clase Bacillariophyceae

Continuación Tabla 2

Orden Centrales*Cyclotella glomerata* H. Bachmann*Cyclotella meneghiniana* Kützing*Cyclotella ocellata* Pantocsek*Cyclotella striata* (Kützing) Grunow**Orden Pennales***Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg*Amphiprora ornata* Bailey*Amphora veneta* Kützing*Caloneis amphisbaena* (Bory de Saint Vicent) Cleve*Cymbella* sp.*Cymbella affinis* Kützing*Cymbella tumida* (Brébisson) van Heurck*Cymbella turgida* (Gregory) Cleve*Encyonema minutum* (Hilse) D.G. Mann*Epithemia sores* Kützing*Gyrosigma* sp. *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow*Navicula cryptocephala* Kützing*Navicula radiosa* Kützing*Navicula rhyncocephala* Kützing*Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg*Nitzschia* sp.*Nitzschia amphibia* Grunow*Nitzschia linearis* W. Smith*Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith

Nitzschia recta Hantzsch ex Rabenhorst

Continuación Tabla 2

Nitzschia sigma (Kützing) W. Smith

Pinnularia borealis Ehrenberg

Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg

Pleurosigma sp.

Surirella ovalis Brébisson

Surirella minuta Brébisson in Kützing

Surirella striata Leud-Fortm

Surirella striatula Turpin

Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg

Tryblionella levidensis W. Smith

Clase Euglenophyceae

Orden Euglenales

Trachelomonas sp.

Trachelomonas intermedia var. *minor* G. Tell

Clase Dinophyceae

Orden Peridiniales

Ceratium hirundinella (O.F. Müller) Dujardin

La distribución estacional de los 74 taxa de la ficoflora presentes en la Laguna Luan Lauquen o La Martina, durante el período Otoño 2011-Verano 2012 se detalla en la tabla 3.

Tabla 3. Distribución estacional de las algas presentes en la Laguna Luan Lauquen o La Martina. Otoño 2011-Verano 2012.

TAXA	OTOÑO 2011	INVIERNO 2011	PRIMAV. 2011	VERANO 2012	Fr %	S
CLASE CYANOPHYCEAE						
<i>Anabaena aphanizomenoides</i>			X		25	2
<i>Anabaena</i> sp. 1	X	X	X	X	100	2
<i>Anabaena</i> sp. 2	X				25	2
<i>Anabaena sphaerica</i>	X	X	X	X	100	2
<i>Anabaenopsis arnoldii</i>	X		X		50	2
<i>Dactylococcopsis raphidioides</i>		X			25	3
<i>Jaaginema subtilissimum</i>		X			25	3
<i>Leptolyngbya fragilis</i>			X		25	2
<i>Leptolyngbya tenuis</i>	X	X	X	X	100	2
<i>Merismopedia punctata</i>	X				25	3
<i>Microscystis pulvereae</i>	X	X			50	3
<i>Nodularia spumigena</i>				X	25	2
<i>Nostoc spongiaeforme</i>		X	X		50	3
<i>Oscillatoria</i> sp.		X			25	2
<i>Oscillatoria ornata</i>		X			25	2
<i>Oscillatoria simplicissima</i>				X	25	1
<i>Oscillatoria subbrevis</i>			X		25	2
<i>Oscillatoria subbrevis</i> f. <i>major</i>				X	25	2
<i>Oscillatoria tenuis</i>	X				25	3
<i>Phormidium</i> sp.		X		X	50	2
<i>Phormidium bohneri</i>	X	X		X	75	2
<i>Phormidium corium</i> var. <i>capitatum</i>				X	25	2

<i>Phormidium laetevirens</i>	X	X	X	X	100	2
<i>Phormidium molle</i>				X	25	2
<i>Phormidium rubroterricola</i>	X		X		50	2
<i>Spirulina subsalsa</i>		X	X		50	3
CLASE CHLOROPHYCEAE						
<i>Coelastrum astroideum</i>	X				25	2
<i>Kirchneriella aperta</i>	X				25	2
<i>Monoraphidium</i> sp.	X				25	3
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	X				25	3
<i>Monoraphidium contortum</i>	X				25	2
<i>Mougeotia</i> sp.	X				25	2
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X				25	2
<i>Schroederia setigera</i>	X				25	2
<i>Stigeoclonium polymorphum</i>				X	25	3
<i>Stigeoclonium stagnatile</i>				X	25	3
CLASE BACILLARIOPHYCEAE						
<i>Amphiprora ovata</i>	X				25	2
<i>Amphora veneta</i>		X		X	50	3
<i>Caloneis amphisbaena</i>	X	X	X	X	100	2
<i>Cyclotella glomerata</i>		X		X	50	0
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	X	X	X	X	100	3
<i>Cyclotella ocellata</i>			X		25	1
<i>Cyclotella striata</i>			X		25	3
<i>Cymbella affinis</i>	X	X			50	2

<i>Cymbella</i> sp.	X	X	X		75	2
<i>Cymbella tumida</i>	X	X		X	75	1
<i>Cymbella túrgida</i>	X	X		X	75	2
<i>Encyonema minutum</i>			X		25	2
<i>Entomoneis alata</i>	X	X			50	2
<i>Epithemia sorex</i>	X	X	X	X	100	2
<i>Gyrosima</i> sp.	X				25	2
<i>Hantzschia amphioxix</i>		X	X	X	75	3
<i>Navicula cryptocephala</i>		X	X	X	75	3
<i>Navicula radiosa</i>			X		25	3
<i>Navicula rhyncocephala</i>			X		25	3
<i>Navicula viridula</i>		X			25	3
<i>Nitzschia</i> sp.		X			25	2
<i>Nitzschia amphibia</i>		X			25	3
<i>Nitzschia linearis</i>		X			25	4
<i>Nitzschia palea</i>		X			25	4
<i>Nitzschia recta</i>	X				25	3
<i>Nitzschia sigma</i>	X	X	X		75	3
<i>Pinnularia borealis</i>	X				25	1
<i>Pinnularia viridis</i>	X	X		X	75	2
<i>Pleurosigma</i> sp.	X				25	2
<i>Surirella ovalis</i>	X	X	X		75	1
<i>Surirella ovata</i>	X	X	X		75	2
<i>Surirella striata</i>	X				25	2
<i>Surirella striatula</i>		X	X		50	2
<i>Synedra ulna</i>		X			25	2

<i>Tryblionella levidensis</i>	X	X			50	3
CLASE EUGLENOPHYCEAE						
<i>Trachelomonas</i> sp.	X				25	2
<i>Trachelomonas intermedia</i> var. <i>minor</i>			X		25	2
CLASE DINOPHYCEAE						
<i>Ceratium hirundinella</i>			X		25	1

De los 74 taxa identificados en la Laguna Luan Lauquen, la Clase Bacillariophyceae brinda el mayor aporte de especies con el 48% del total, Cyanophyceae con 35% y Chlorophyceae 14%. El 3% restante corresponde a las Clases Euglenophyceae (2%) y Dinophyceae (1%) (fig. 13).

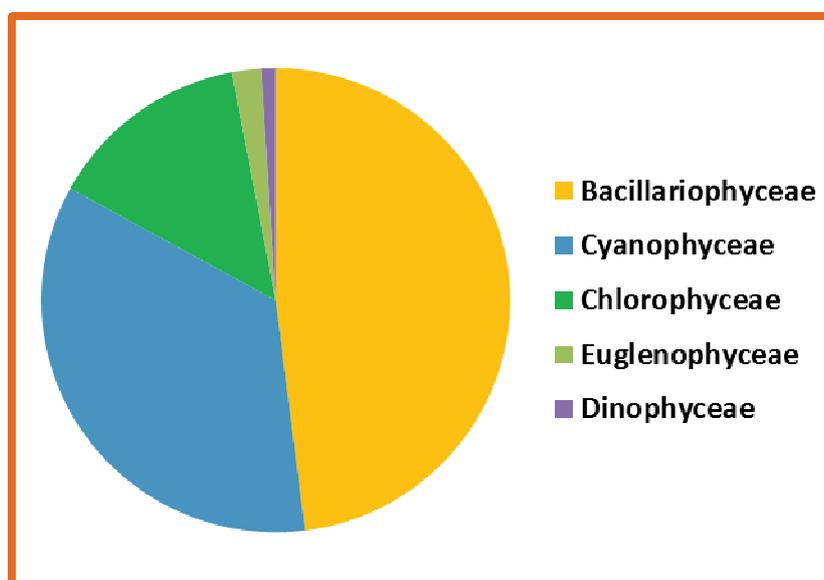


Fig.13: Riqueza específica por Clases algales en la Laguna Luan lauquen (2011-2012).

Las 4 estaciones muestreadas, comparten 7 taxa durante el período otoño 2011-verano 2012, de los cuales 4 pertenecen a la Clase Cyanophyceae (*Anabaena* sp., *A. sphaerica*, *Phormidium laetevirens* y *Leptolyngbya tenuis*) y 3 a Bacillariophyceae (*Caloneis amphisbaena*, *Cyclotella meneghiniana* y *Epithemia sorex*). Del total de los taxa

registrados, 16 son exclusivos del Otoño, 10 del Invierno, 10 de la Primavera y 7 en el verano.

De los 39 taxa identificados en otoño 2011, las diatomeas (19) y cianofíceas (11) aportan la mayoría de las especies (fig. 14). La Clase Chlorophyceae contribuye con 8 taxa y 1 corresponde a Euglenophyceae.

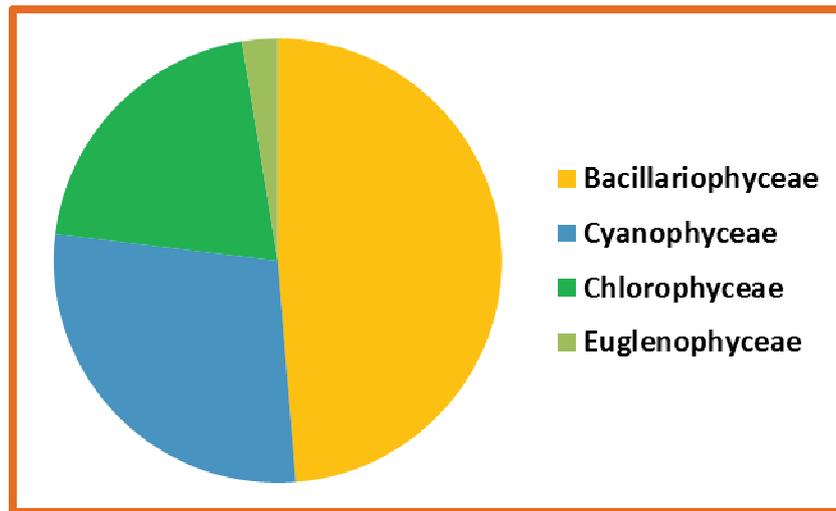


Fig.14: Riqueza específica de las Clases algales en la Laguna Luan Lauquen durante el Otoño 2011.

En invierno de 2011 en la Laguna Luan Lauquen se identificaron 37 taxa con predominio de las Bacillariophyceae (24) sobre las Cyanophyceae (13).

La primavera de 2011 registró un total de 28 taxa, de las cuales 15 correspondieron a la Clase Bacillariophyceae, 11 a las Cyanophyceae y las restantes a Euglenophyceae y Dinophyceae (fig. 15).

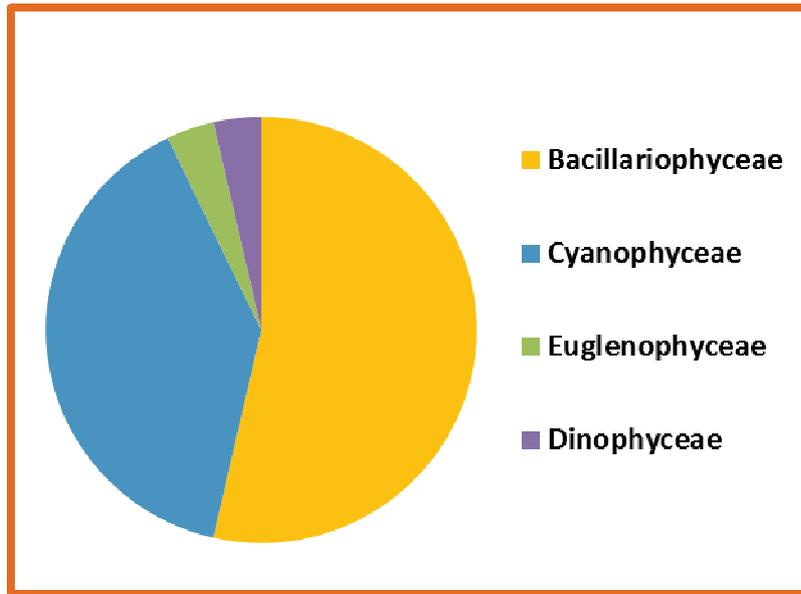


Fig.15: Riqueza específica de las Clases algales durante la Primavera 2011 en la Laguna Luan Lauquen.

Durante el verano de 2012 se identificaron 23 taxa con mayor aporte Cyanophyceae (11) acompañada por Bacillariophyceae (10) y Chlorophyceae (2) (fig. 16).

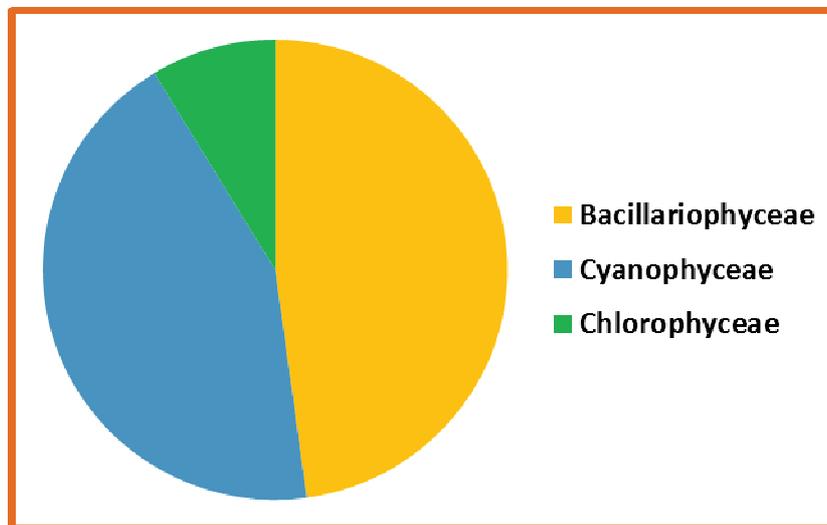


Fig.16: Riqueza específica de las Clases algales en la Laguna Luan Lauquen durante el Verano 2012.

Con la finalidad de analizar el grado de similitud de la comunidad ficológica de la Laguna Luan Lauquen para el período otoño 2011-verano2012 se utilizó el coeficiente de Bray-Curtis. La comparación de poblaciones de un mismo ecosistema en diferentes épocas del año separó con $S= 0,50$ a la primavera del resto de las estaciones (figs. 17 y 18).

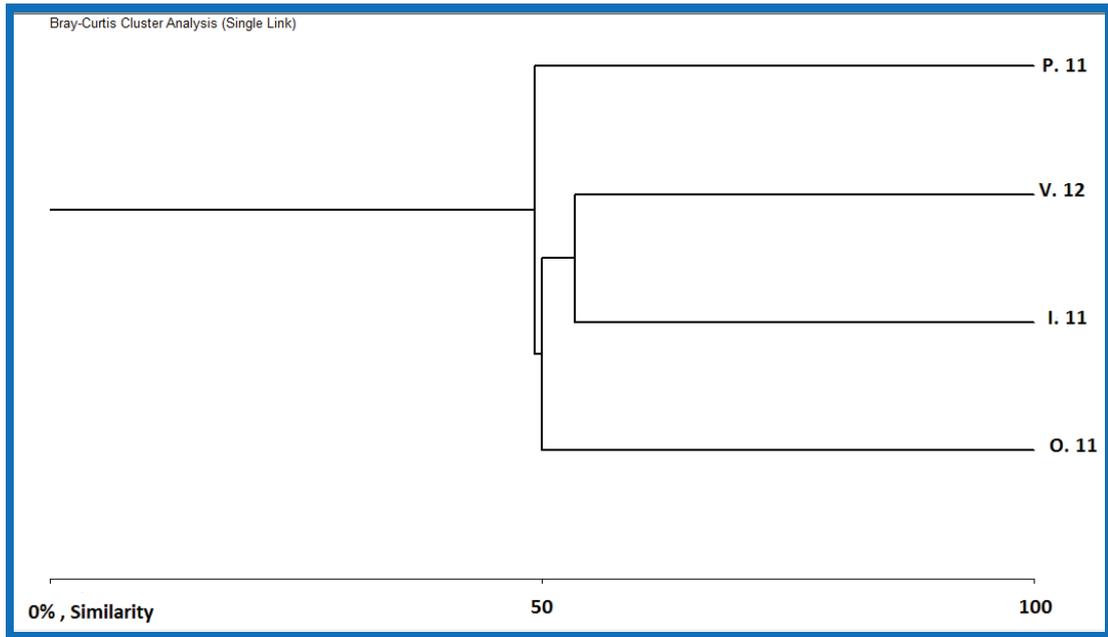


Fig. 17: Dendrograma de Bray-Curtis que indica grado de similitud de la ficoflora en las distintas estaciones del año de la Laguna Luan Lauquen durante el periodo considerado.

Step	Clusters	Distance	Similarity	Joined 1	Joined 2
1	3	46,66666794	53,33333206	2	4
2	2	50	50	1	2
3	1	50,76922989	49,23077011	1	3
Similarity Matrix					
	O.11	I.11	P.11	V.12	
O.11	*	50	38,806	35,4839	
I.11	*	*	49,2308	53,3333	
P.11	*	*	*	35,2941	
V.12	*	*	*	*	

Fig. 18: Matriz resultante de la aplicación del índice de Similitud de Bray-Curtis.

VIII- DISCUSIÓN

La Laguna Luan Lauquen es un cuenco que se manifiesta como una estructura continua con su entorno. El sistema en sí mismo y las comunidades que lo habitan son en gran parte, consecuencias de las características de la cuenca de drenaje y de las actividades que en ella se desarrollan (Wetzel, 2001). Por sus propiedades emergentes se la puede definir como una *laguna pampeana*, poco profunda, salina y eutrófica (Quirós y Drago, 1999). Su escasa transparencia, sumado a su baja profundidad, la acción de los vientos y el dominio de la comunidad fitoplanctónica contribuyen al color pardo-amarillento de esta *laguna turbia* (Sosnovsky & Quirós, 2006).

La variación temporal de la riqueza específica algal estuvo determinada por la sustitución constante de especies (Gaglioti, 1992), el 60,9% del total de taxa registradas se presentó sólo en una estación anual y únicamente el 5,45% de las especies estuvo presente todo el año.

El mayor registro de diversidad específica algal se registró en otoño e invierno de 2011, con condiciones ambientales de temperaturas del agua y del aire templadas, salinidad estable y concentraciones de OD superiores a 10 mg/l, contexto óptimo para el desarrollo de la biota algal (Carrillo *et al.*, 2009).

Las comunidades de diatomeas con 35 taxa y cianobacterias con 26 especies fueron las que presentaron mayor riqueza específica durante todo el año contribuyendo a la misma con el 47,29% y 35,13% respectivamente (Stankovic *et al.*, 2012; Bortolini *et al.*, 2014).

En la flora diatomológica, el Orden Pennales estuvo representado ampliamente por organismos plantónicos. Entre las especies presentes durante todo el año se registraron *Caloneis amphisbaena* y *Epithemia sorex* características de aguas dulces y salobres, de moderada a alta conductividad, pH neutro o alcalino (9,27-9,98) y frecuentemente citadas para Argentina (Martínez, 1996; Bazán 2010; Bellinger & Sigeo, 2010). En el grupo de Centrales fue *Cyclotella meneghiniana* la especie que se encontró presente durante todo el año. Este organismo cosmopolita, de amplia distribución es citado para lagos desde oligotróficos a hipereutróficos (Oliva Martínez *et al.*, 2008; Bazán *et al.*, 2012; Maraslioglu *et al.*, 2013).

Es reconocida las respuestas de las diatomeas a los cambios de conductividad (Gómez, *en prensa*) cabe destacar que en el caso de la laguna Luan Lauquen las diatomeas mostraron tener una pronta respuesta a los cambios de esta variable. Es así que, en invierno

de 2011 la conductividad fue de 2,84 mS/cm registrándose 24 taxa de diatomeas; en primavera el valor de conductividad alcanzó los 21, 9 mS/cm y, si bien es la época de reproducción de esta comunidad, el número de taxa disminuyó a 15, corroborando de esta manera el valor bioindicador de las mismas (Soler *et al.*, 2012; Díaz Quirós, 2004; Velázquez Bucio, [s/f]).

La comunidad de cianobacterias se presentó con un número estable de especies durante todo el año, no se observaron cambios en la composición de la comunidad (Devercelli & O'Farrel, 2013), registrándose equilibradamente especies fijadoras y no fijadoras de nitrógeno. En cuanto a la diversidad taxonómica el número de taxones de Oscillatoriales (15) superó ampliamente el de las Nostocales (8). El desarrollo de cianobacterias fue favorecido por un pH alcalino variable entre 9,27 y 9,98 durante el año, tal lo observado en lagunas aledañas por Bazán *et al.* (en prensa).

Los organismos del Orden Chlorococcales caracterizados por su amplia distribución en el plancton de lagos y ríos (Zalocar, 1999; Bellinger & Sigeo, 2010) aportaron el principal número de taxones dentro de la División Chlorophyta, destacándose el otoño con 7 especies favorecidos por la temperatura del agua (15 °C), el OD (10,5 mg/l) y la menor conductividad reinante (3,97mS/cm). Entre las algas clorofitas filamentosas se registraron dos especies de *Stigeoclonium*, género considerado de amplio espectro ecológico que se encuentra tanto en aguas contaminadas como aguas eutróficas y salobres y cuya presencia sugiere la recepción de nutrientes desde áreas circundantes (Blinn & Herbst, 2003; Giménez, 2009).

Los euglenoideos se encuentran en entornos donde hay descomposición de materia orgánica. Los hábitats típicos incluyen lagos someros, lagunas, humedales, entre otros ambientes enriquecidos por nutrientes orgánicos (Padisák *et al.*, 2003; Bellinger & Sigeo, 2010; Bohn *et al.*, 2012). En la laguna Luan Lauquen el registro máximo de nitratos proveniente de la oxidación bacteriana de materia orgánica de origen animal, se dio en primavera de 2011, con un valor de 81 mg/l, coincidente con el menor rango de OD (7,39 mg/L). En esta estación del año, con T° del agua de 32 °C y pH de 9,98 se observó la presencia de *Trachelomonas intermedia* var. *minor* en condiciones ambientales similares a las observadas para la misma especie en el Estado de Orissa, India (Ratha *et al.*, 2006). No obstante las condiciones óptima presentes en Luan Lauquen para el desarrollo de euglenoideos, estos se presentaron con baja riqueza específica demostrando de esta manera cierta susceptibilidad a la salinidad (Mirande & Tracana, 2007).

Los valores ambientales mostraron las fluctuaciones estacionales típicas. La oscilación de la temperatura del agua (14,4-32 °C) estuvo fuertemente influenciada por la temperatura ambiental (17-29 °C) y la escasa diferencia entre las amplitudes térmicas del agua y del aire tendría su origen en la escasa profundidad del cuerpo de agua (5-15 cm), que a su vez permite comprobar el comportamiento polimíctico de la laguna (Ringuelet, 1962; Bazán, 2010).

Los valores de pH no registraron amplias variaciones dentro del rango alcalino: 9,27-9,98 levemente superiores al pH de las lagunas del Este de la provincia de La Pampa (Alvarez *et al* 2000, 2004; Bazán & Alvarez 2004; Bazán *et al.*, 2002, 2004).

En relación, a la concentración de OD, estuvo estrechamente ligada con la temperatura, mostrando los picos máximos en otoño (10,5 mg/l) e invierno (10,3 mg/l), coincidiendo con las temperaturas más bajas del período de muestreo (15 °C y 14,4 °C).

El rango de salinidad de la laguna (2,84- 3,97 mS/cm) se vio incrementado fuertemente en primavera de 2011 con un registro de 21, 9 μ S/cm. Esto puede ser el resultado de lluvias ocasionales en días anteriores al muestreo con escorrentía de las zonas agrícolas aledañas y/o altas temperaturas que conllevan a la concentración de sales y variación en el nivel de agua (Bohn *et al.*, 2012).

El grado de similitud de la comunidad ficológica en la laguna Luan Lauquen para las estaciones muestreadas (O/2011; I/2011; P/2011 y V/2012) permitió comprobar que la menor similitud se estableció entre P/2011 y el resto de las estaciones del año con 49,23% % de similaridad. Este porcentaje, que separa a la primavera de 2011 del resto, tiene su posible origen en el alto valor de salinidad presente en la laguna para esa época (21, 9 mS/cm). Por el contrario, la mayor similitud se presentó entre I/2011 y V/2012 con 53,33%. Si bien es en el verano donde normalmente se registra la mayor riqueza específica de las algas (Bazán, 2010) en esta laguna el bajo número de taxa para la estación cálida se debió posiblemente al inicio del restablecimiento de la comunidad algal en una salinidad regularizada (3,82 mS/cm.).

Los indicadores biológicos se definen como especies o comunidades que por su presencia proporcionan información sobre el entorno físico o químico de un sitio en particular. Las preferencias bioecológicas y el potencial bioindicador de cada especie registrada, permitió caracterizar a la laguna Luan Lauquen dentro del rango β

mesosapróbico (Pantle & Buck, 1955) de calidad de agua con contaminación moderada (2,23).

Este resultado coincide con lo citado para otras lagunas pampeanas con características físicas y biológicas similares a Luan Lauquen (Quirós 2004; Bazán, 2010; Huber, 2010).

IX- CONCLUSIONES

Se determinaron un total de 74 taxa pertenecientes a las Clases Bacillariophyceae (35), Cyanophyceae (26), Chlorophyceae (10) y 3 taxa a clases acompañantes.

De los 74 taxa registrados, más de la mitad (60,9%) se presentó en la laguna sólo en una estación anual. El mayor registro de diversidad específica algal se observó en otoño e invierno de 2011 coincidiendo con las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo.

Las algas verdeazules *Anabaena sphaerica*, *Phormidium laetevirens*, *Phormidium tenue* y las diatomeas *Cyclotella meneghiniana*, *Caloneis amphisbaena* y *Epithemia sorex* se observaron en la laguna durante todo el ciclo muestreado.

Los valores ambientales como temperatura del agua, transparencia, pH y OD mostraron fluctuaciones estacionales típicas para un cuerpo lenítico característico de la región pampeana. De acuerdo a la clasificación de cuerpos de agua establecido por Sosnovsky & Quirós (2006) que considera transparencia, profundidad, acción de los vientos y comunidad fitoplanctónica corresponde clasificar la laguna Luan Lauquen como una laguna turbia.

Los valores de saprobiedad aportado por cada especie en particular, su autoecología y las propiedades intrínsecas de cada taxa registrada en la laguna Luan Lauquen permiten categorizarla dentro del rango β mesosapróbico, de aguas con contaminación moderada.

Por lo expuesto anteriormente y luego de desarrollar el presente trabajo se corroboraron las hipótesis planteadas inicialmente.

- ✓ La composición y distribución temporal de las comunidades algales están influidas por factores físico-químicos.

X- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, S. B. 2002. Estudio Bioecológico y Citotaxonomico del Fitoplancton de una Laguna Eutrofizada, Reservorio Final de las Aguas Residuales de la Ciudad de Santa Rosa, La Pampa. Tesis Doctoral. *Universidad Nacional del Sur*. 272 pp.
- ÁLVAREZ, S. B., G. I. BAZÁN & E. R. PARODI. 2004. Ficoflora del Reservorio final de aguas residuales de Santa Rosa (La Pampa, Argentina). Cyanophyta y Chlorophyta (Tetraselmiales, Volvocales y Chlorococcales). *Bol. Soc. Arg. Bot.* 39(1-2): 277-293.
- ÁLVAREZ, S. B., G. I. BAZÁN & M. T. WENZEL. 2000. *Hormogonales (Cyanophyta)* de la laguna El Guanaco (Prov. De La Pampa), Argentina. *Darwiniana* 38(3-4): 279-284.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION & WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, (APHA, AWWA, WPCF). 1992. *Standard Methods for the Examination of Water*. 18th Ed., Washington, DC.
- APPELO, C. A. J. & D. POSTMA. 1993. *Geochemistry Groundwater and Pollution*. Ed. Balkema, Rotterdam, 536 pp.
- BARINOVA, S., L. MEDVEDEVA & E. NEVO. 2008. Regional influences on algal biodiversity in two polluted rivers of Eurasia (Rudnaya river, Russia and Qishon river, Israel) by indication and canonical correspondence analysis. *Applied Ecology and Environmental Research*. 6(4): 29-59.
- BARINOVA, S. & E. NEVO. 2010. The upper Jordan river algal communities are evidence of long-term climatic and anthropogenic impacts. *J. Water Resource and Protection*. 2: 507-526
- BARINOVA, S., L. KUKHALEISHVILI, E. NEVO & Z. JANELIDZE. 2011. Diversity and ecology of algae in the Algeti National Park as a part of the Georgian system of protected areas. *Turk J. Bot.* 35: 729-774.
- BATTERBEE, E. W. 1986. Diatom Analysis. In BERGLUND, B. E. (Ed.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. J. Wiley & Sons, New York, 527-570 pp.

- BAZÁN, G. I. 2010. Estudios Ficológicos en el Sistema Lenítico de La Arocena (Departamento Maracó), La Pampa, Argentina. *Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto*. 203 pp.
- BAZÁN, G. I., S. B. ÁLVAREZ, M. C. MARTIN & J. BERNARDOS. 2002. Análisis de la taxocenosis de la ficoflora de la Laguna El Ojo de Agua, Uruburu, La Pampa, Argentina. Resumen <http://www.ilpla.edu.ar/eventos.htm>
- BAZÁN, G. I. & S. B. ÁLVAREZ. 2004. Estudio Preliminar de la ficoflora (Algas) de los bañados del Atuel. <http://www.alihuen.org.ar/proyectos/proyecto>
- BAZÁN, G. I., S. B. ÁLVAREZ, M. C. MARTIN & J. BERNARDOS. 2004. Análisis de la taxocenosis de la ficoflora de la Laguna El Ojo de Agua, Uruburu, La Pampa, Argentina. *Biología Acuática*, 20: 1-5. ISSN 0236-1638.
- BAZÁN, G. I., M. G. DALMASO, S. B. ÁLVAREZ & A. L. MARTÍNEZ DE FABRICIUS. 2012. Contribución al Conocimiento Ficológico y Calidad de Agua de la Laguna la Arocena (Pcia de la Pampa, Argentina). *Biología Acuática* N°27: 17-27.
- BAZÁN, G. I., D. ALMEYDA, L. OLIVERA y B. ORIANI. (en prensa). Biodiversidad fitoplanctónica en tres lagunas someras de la provincia de La Pampa, Argentina.
- BELLINGER, E. G & D. C. SIGEE. 2010. *The freshwater algae. Identification and use as bioindicators*. Wiley-Blackwell Ed. 210 pp.
- BIASOTTI, A. E., S. B. ÁLVAREZ, G. I. BAZÁN & A. L. MARTÍNEZ de FABRICIUS. 2013. Biodiversidad y distribución temporal fitoplanctónica en río Colorado, La Pampa, Argentina. *Biológicas*, 15(1): 38-51.
- BLINN, D. W. & D. B. HERBST. 2003. Use of Diatoms and Soft Algae as Indicators of Environmental Determinants in the Lahontan Basin, USA. Annual Report for California State Water Resources Board Contract Agreement 704558.01.CT766. 10 pp
- BOHN, V. Y., M. C. PICCOLO, P. D. PRATOLONGO & G. M. E. PERILLO. 2012. Evaluación del Estado Trófico de dos Lagunas Pampeanas (Argentina). *Ecología* N° 24: 11-26

- BORTOLINI, J. C., L. C. RODRIGUES, S. JATI, S. TRAIN. 2014. Phytoplankton functional and morphological groups-as indicators of environmental variability in a lateral channel of the Upper Paraná River floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia* 26(1): 98-108.
- BOURRELLY, P. 1968. *Les algues d'eau douce, initiation a la systématique*. Tome II : Les Algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Editions N. Boubée Cie. 438 pp.
- BOURRELLY, P. 1970. *Les algues d'eau douce, initiation a la systématique*. Tome III: Les Algues bleues et rouges. Les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Editions N. Boubée Cie. 512 pp.
- BOURRELLY, P. 1972. *Les algues d'eau douce, initiation a la systématique*. Tome I: Les Algues Vertes, Editions N. Boubée Cie. 572 pp.
- CABRERA, A. L. 1976. *Regiones Fitogeográficas Argentinas*. En: Parodi, L. (Ed) *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo II. Fasc. 1, 2^{da} Edi. 85 pp.
- CABRERA, A. L. & A. WILLINK. 1980. *Biogeografía de América Latina*. Secretaría General de la O.E.A. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington D.C. 117pp.
- CANO, E., G. CASAGRANDE, H. CONTI, J. SALAZAR LEA PLAZA, C. PEÑA ZUBIATE, D. MALDONADO PINEDO, H. MARTINEZ, C. SCOPPA, B. FERNÁNDEZ, M. MONTES, J. MUSTO & A. PITTALUGA. 1980. *Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa*. INTA, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Pcia. de L.P., Fac. de Agron. UNLPam. Bs. As. 493 pp.
- CARRILLO, U., N. GARBELLONE & L.SOLARI. 2009. Algas fitoplantónicas de ambientes lénticos y lóticos de la cuenca del Río Salado: Tolerancia a factores físicos. *Biología Acuática* 26: 33-35
- DESIKACHARY, T. V. 1959. *Cyanophyta*. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research. 686 pp.

- DEVERCELLI, M. & I. O'FARRELL. 2013. Factors affecting the structure and maintenance of phytoplankton functional groups in a nutrient rich lowland river. *Limnologica*, 43: 67-78.
- DIAZ-QUIRÓS, C. & C.A. RIVERA-RONDÓN. 2004. Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadoras de condiciones ambientales. *Limnología Caldasia* 26(2): 381-394.
- DRAGO, E. & R. QUIRÓS. 1996. The hydrochemistry of inland waters of Argentina; a review. *Int. J. Salt Lakes Res.*, 4: 315-325.
- FRENCH, R. H., J. J. COOPER & S. VIGG. 1982. Secchi disc relationships. *Water Res. Bull.*, 18: 121-123
- GAGLIOTI, P. V. 1992. Variación espacial y estacional en la estructura de las comunidades de diatomeas epilíticas de un arroyo andino. Su relación con factores abióticos. *Ecología Austral* 2: 77-86.
- GEITLER, L. 1932. Cyanophyceae. In: *Kryptogammenflora von Deutschland, Osterreich, under de Sweitz*. (Rabenhorst, L. Eds), Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. 14: 673-1056.
- GIMENÉZ, P. T. 2009. Guía visual de campo. Macrófitos de la cuenca del Ebro. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 99 pp.
- GÓMEZ, N. (en prensa). Diatomeas bentónicas como indicadoras de la calidad del agua en sistemas lóticos de la llanura pampeana.
- GÖNÜLOL, A. & O. OBALI. 1998. Seasonal Variations of Phytoplankton Blooms In Suat Ugurlu (Samsun – Turkey). *Journal of Botany*, 22: 93 – 97.
- HASLE, G. R. 1978. Some specific preparations: Diatoms in Sournia A. (Ed.) *Phytoplankton Manual*. Eds. UNESCO: 136-142.
- HERNANDEZ BOCQUET, R. 2009. CUENCAS Y REGIONES HÍDRICAS DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA. Dirección de Investigación Hídrica- Secretaría de Recursos Hídricos-Provincia de La Pampa. 10 pp.

- HUBER, M. P. 2010. Distribución temporal del fitoplancton de una laguna del sur de la provincia de Córdoba y su relación con las variables ambientales. *Tesis de grado*. Universidad Nacional de Río Cuarto. 82 pp.
- HUSTEDT, F. 1930. *Bacillariophyta (Diatomaceae)*. In A Pascher Die Süßwasser-flora Mitteleuropas Heft. 10. Jena: Gustav Fischer Verlag. 466 pp.
- IPARRAGUIRRE, J. 2012. Distribución espaciotemporal del fitoplancton en una laguna del sur de Córdoba y su relación con las variables ambientales. *Tesis de grado*. Universidad Nacional de Río Cuarto. 146 pp.
- IRIONDO, M. 1989. Quaternary lakes of Argentina. *Paleogeography Paleoclimatology Paleoecology* 70: 81-88.
- KOMÁREK, J. & B. FOTT. 1983. *Systematik und Biologie. Chlorophyceae (Grünalgen)* Ordnung: *Chlorococcales*. Die Binnengewässer. *Das Phytoplankton des Süßwasser*. von Huber-Pestalozzi. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart. Germany. 1044 pp.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 1999. *Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Begr. Von Pascher Hrsg. Von H. Ettl. Jena. G. Fischer Bd. 19. 548 pp.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 2005. *Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Begr. Von Pascher Hrsg. Von H. Ettl. Jena. G. Fischer Bd. 19/2. 759 pp.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1986. *BACILLARIOPHYCEAE 2. Naviculaceae*, G.S. Verlag, Jena. .Band 2 (1) 875 pp.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1988. *BACILLARIOPHYCEAE 2. Bacillariaceae, Ephithemiaceae, Surirellaceae*, 2 (2), Stuttgart, 596 pp.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1991a. *BACILLARIOPHYCEAE 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. In: H. Ettl; J. Gerloff; H. Heyning & D. Mollenhauer (eds.). G.F. Verlag, Stuttgart. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 2 (3): 576 pp.

- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1991b. *BACILLARIOPHYCEAE* 2. Teil: *Achnanthaceae*; Kritische Ergänzungen zu *Navicula (Lineolatae)* und *Gomphonema*. In : H. Ettl; J. Gerloff; H. Heyning & D. Mollenhauer (eds.). G.F.Verlag, Stuttgart. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 2 (4) 437 pp.
- LAWS, E. A. 1993. *Aquatic Pollution*. An Introductory Text. 2° Ed. John Wiley & Sons, INC. 611 pp.
- LICURSI, M. & N. GÓMEZ. 2003. Aplicación de índices bióticos en la evaluación de la calidad del agua en sistemas lóticos de la llanura pampeana Argentina a partir del empleo de diatomeas. *Biología Acuática*, 21: 31-49
- LOPRETTO, E. C. & G. TELL, 1995. Ecosistemas de Aguas Continentales. Ediciones Sur 377 pp.
- MARASLIOGLU, F., E. N. SOYLU & A. GÖNÜLOL. 2013. Seasonal variation and occurrence of algal turf community in Lake Ladik, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 34: 107-111pp.
- MARGALEF, T. 1983. *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona. 1003 pp.
- MARTÍNEZ DE FABRICIUS, A. L. 1996. Bacillariophyceae del Río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata. 290 pp.
- MARTÍNEZ DE FABRICIUS, A. L; N. MAIDANA, N. GÓMEZ & S. SABATER. 2003. Distribution patterns of benthic diatoms in a Pampean river exposed to seasonal floods: the Cuarto River (Argentina). *Biodiversity and Conservation*, 12: 2443-2454.
- MEDUS, N. B., H. CAZENAVE & R. O. HERNÁNDEZ. 1982. *Geografía de La Pampa*. Ed. Extra. 149 pp.
- MIRANDE, V. & B. C. TRACANNA. 2007. Diversidad de cianobacterias, clorofitas y euglenofitas en humedales de altura (Jujuy, Argentina). *Lilloa* 44(1-2): 39-59.
- OLIVA MARTINEZ, M. C, A. RODRIGUEZ ROCHA, A. LUGO VAZQUEZ & M. R. SANCHEZ RODRIGUEZ. 2008. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica* 18(1): 13.

- PADISÁK, J., G. BORICS, G.FEHÉR, I.GRIGORSZKY, I. OLDAL, A. SCHMIDT & Z. ZÁMBÓNÉ-DOMA. 2003. Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia* 502: 157-168.
- PANTLE, R. & H. BUCK. 1955. Die biologisch Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas-u. Wasserfach*, 96: 1-64.
- PATRICK, R. & C. W. REIMER. 1966. *The Diatoms of the United States exclusive Alaska and Hawaii. Volume 1. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 13: 1- 688 pp
- PATRICK, R. & C. W. REIMER. 1975. *The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Volume. 2. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* , 13: 213 pp.
- PRESCOTT, G. W. 1951. *Algae of the Western Great Lakes Area*. N.M.C. Brown Co. Inc. 946 pp.
- QUIRÓS, R. 1997. Classification and State of the Environmental of the Argentinean Lakes. (:29-50). ILEC Workshop on Better Management of the Lakes of Argentina, San Martín de los Andes, Argentina. *In Study Report for the Lake Environmental Conservation in Developing Countries: Argentina*. 229 pp.
- QUIRÓS, R. 2000. La eutrofización de las aguas continentales de Argentina. I Reunión de la Red Temática sobre Eutrofización de Lagos y Embalses. Subprograma XVII. Cooperación Iberoamericana. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) 8 pp.
- QUIRÓS, R. 2004. *Sobre la Morfología de las Lagunas Pampeanas*. Documento N° 3. Serie de Documentos de Trabajo del Área de Sistemas de Producción Acuática. Fac. de Agronomía. UBA.
- QUIRÓS, R. 2005. La ecología de las lagunas de las Pampas. *Investigación y Ciencia* 1(6): 1-13.
- QUIRÓS, R. & E. DRAGO. 1999. The environmental state of Argentinean lakes: An overview. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*. 4: 55-64

- RATHA, S. K., J. MRUTYUNJAY & A. SIBA PRASAD. 2006. Euglenophytes from Orissa State, East Coast of India. *Algae* 21(1): 61-73
- RINGUELET, R. A 1962. *Ecología acuática continental*. Manuales Eudeba, Buenos Aires. 138 pp.
- ROBERTO, Z. E., G. CASAGRANDE & E. F. VIGLIZZO. 1994. *Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones*. Centro Regional. La Pampa-San Luis, INTA. Publ. 12, 25 pp.
- RODRÍGUEZ, M. I, M. A. BUSTAMANTE, A. L. RUIBAL, M. A. RUIZ, & F. BUSSO. 2000. Estudio del fitoplancton en el marco de monitoreo del Embalse San Roque (Cba). IV Congreso Argentino de Limnología: 147. San Carlos de Bariloche.
- SALUSSO, M. M. & I. MORAÑA. 2002. Comparación de índices bióticos utilizados en el monitoreo de dos sistemas lóticos del noroeste argentino. *Rev. Biol. Trop.*, 50(1): 327-336.
- SCHWOERBEL, J. 1975. *Métodos de Hidrobiología*. Ed. Hermann Blume. Madrid. España. 262 pp.
- SIEGENTHALER, G., S. TIRANTI & E. FIORUCCI. 2004. Relevamiento de los Vertebrados de la Provincia de La Pampa. CD-ROM.
- SIMONSEN, R. 1979. The Diatom System. *Ideas on Phylogeny. Bacillaria*, 2: 9-71.
- SLADECEK, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol.*, 7: 1 -218.
- SOLER, B. A., M. I. PÉREZ A., E. AGUILAR, & I. VILLARREAL BATISTA. 2012. DIATOMEAS DEL CANAL DE PANAMÁ. BIOINDICADORES Y OTROS ESTUDIOS PIONEROS. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Botánica y Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad de Panamá. 253 pp.
- SOSNOSVKY, A. & R. QURÓS. 2006. El estado trófico de pequeñas lagunas pampeanas, su relación con la hidrología y el uso de la tierra. *Ecología Austral*, 16: 115-124

- STANKOVIC, I., T. VLAHOVIC, M. G. UDOVIC, G. VÁRBÍRÓ & G. BORIES. 2012. Phytoplankton functional and morpho-functional approach in large floodplain rivers. *Hydrobiologia* 698: 217-231
- TELL, G. & V. CONFORTI. 1986. *Euglenophyta Pigmentadas de la Argentina*. Bibliotheca Phycologica. J. Cramer, Berlin-Stuttgart. Band 75, 301 pp.
- VELÁZQUEZ BUCIO, M., I. ISRADE ALCÁNTARA, M. MENDOZA CANTÚ. Uso de diatomeas para la evolución de la calidad del agua del Río turbio, afluente del Río Lerda, México. <http://www.inecc.gob.mx>
- WETZEL, R. G. 2001. *Limnology. Lake and River Ecosystems*. Third edition. Elsevier Academic press. 1006 pp.
- ZALOCAR DE DOMITROVICH, Y. 1999. Estructura y dinámica del fitoplancton en la cuenca del eje potámico Paraguay-Paraná (Argentina). Tesis doctoral UNC. Facultad de Cs Exactas, Físicas y Naturales. 375pp.