



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER  
EL GRADO ACADÉMICO DE  
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE

**“Producción primaria fitoplanctónica en lagos someros de La Pampa. Relación con la concentración de nutrientes, clorofila *a* y transparencia del agua e influencia sobre la biomasa zooplanctónica”.**

Daniela RAMOS

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2008

## **Prefacio**

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, 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 Biología General, dependiente del Departamento de Ciencias Naturales, durante el período comprendido entre el 2 de febrero de 2008 y el 28 de agosto de 2008, bajo la dirección del Lic. Santiago A. Echaniz y la codirección de la Lic. Alicia M. Vignatti,

## **Agradecimientos**

Al Director, Lic. Santiago Echaniz y a la Lic. Alicia Vignatti por su colaboración y predisposición.

A la Lic. Graciela Bazán, por la determinación de las algas fitoplanctónicas y al PhD. Alberto Pilati, por su colaboración en el trabajo de campo y análisis de datos.

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por el aporte de los equipos, instalaciones y fondos necesarios para realizar este trabajo.

28 de agosto de 2008

Daniela Ramos

Departamento de Ciencias Naturales

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Nacional de La Pampa

## Resumen

Los lagos someros no exceden los tres metros de profundidad, generalmente están ubicados en llanuras y tienen elevada concentración de nutrientes, con altas tasas de producción. El estudio de su ecología, encarado en la década de 1990, llevó a plantear el modelo de *estados alternativos de los lagos someros*, que propone estados claro o turbio, en función de la concentración de nutrientes y sus efectos sobre la transparencia del agua. Según este modelo la producción primaria en las lagunas claras suele estar aportada principalmente por macrófitas y en las turbias por fitoplancton.

Para otros lugares existe información sobre la productividad primaria de algunos cuerpos de agua, pero en Argentina es escasa, dado que generalmente se han determinado la concentración de clorofila *a* y las especies fitoplanctónicas.

El objetivo de esta contribución es determinar la producción primaria fitoplanctónica en dos lagunas de La Pampa y su relación con la concentración de nutrientes, salinidad e influencia sobre la biomasa del zooplancton.

Se seleccionaron dos ambientes diferentes, las lagunas Chadilauquen, mesosalina y La Arocena, de agua dulce. Durante el verano de 2008, se relevó información sobre parámetros ambientales, se tomaron muestras biológicas y se desarrollaron experimentos para la determinación de producción primaria, mediante la técnica de las botellas clara – oscura, en seis horarios diferentes, en dos tratamientos, con y sin zooplancton.

En La Arocena se verificó producción primaria durante todo el día, pero en Chadilauquen predominó la respiración. Esta diferencia se relaciona con la cantidad de fitoplancton presente, expresado como concentración de clorofila *a*, ya que en La Arocena este parámetro fue 20 veces más elevado. No se verificaron diferencias significativas entre los tratamientos con/sin zooplancton.

## Abstract

The shallow lakes do not exceed three meters deep, usually, they are located on plains and have high concentration of nutrients, with high rates of production. Their ecology study, addressed in the 1990's, led to raise *the shallow lakes alternative state model*, which proposes clear or turbid states, depending on the concentration of nutrients and their effects on the water transparency. According to this model, primary production in

the clear lakes usually is provided mainly by macrophytes, and in the turbid by phytoplankton.

For elsewhere exists information on primary productivity of some water bodies, but in Argentina is scarce, because, generally have been given the concentration of chlorophyll *a* and phytoplankton species.

The aim of this contribution is to determine the primary phytoplankton production in two shallow lakes of La Pampa, and its relationship with the concentration of nutrients, salinity and influence on the zooplankton biomass.

There were selected two different environments, the mesosaline shallow lake Chadilauquen, and the freshwater, La Arocena. During the summer of 2008, there were collected information on environmental parameters, samples were taken and biological experiments were conducted to determine primary production using the technique of light-dark bottles, in six different times, in two treatments, with and without zooplankton.

In La Arocena, primary production was observed throughout the day, but in Chadilauquen respiration prevailed. This difference relates to the amount of phytoplankton presence, expressed as a concentration of chlorophyll *a*, were in La Arocena this parameter was 20 times higher. No significant differences were observed between treatments with and without zooplankton.

## Índice general

<b>Prefacio</b>	<b>1</b>
<b>Resumen</b>	<b>2</b>
<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>Índice general</b>	<b>4</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>5</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>6</b>
<b>1.- Introducción</b>	<b>7</b>
<b>1.1.- Los nutrientes en el medio acuático</b>	<b>7</b>
<b>1.2.- Determinación del estado trófico de un ecosistema acuático</b>	<b>7</b>
<b>1.3.- Los lagos someros y los lagos salinos</b>	<b>8</b>
<b>1.4.-Producción primaria</b>	<b>11</b>
<b>2.- Hipótesis</b>	<b>14</b>
<b>3.-Objetivos</b>	<b>14</b>
<b>3.1- Objetivo general</b>	<b>14</b>
<b>3.2- Objetivo específicos</b>	<b>14</b>
<b>4.- Área de estudio</b>	<b>15</b>
<b>4.1.- Laguna Chadilauquen</b>	<b>15</b>
<b>4.2.- Laguna La Arocena</b>	<b>17</b>
<b>5.- Materiales y métodos</b>	<b>19</b>
<b>5.1.- Trabajo de campo</b>	<b>19</b>
<i>Parámetros ambientales</i>	<b>19</b>
<i>Parámetros biológicos</i>	<b>19</b>
<b>5.2.-Trabajo experimental</b>	<b>20</b>
<b>5.3.-Trabajo de laboratorio</b>	<b>22</b>
<b>5.4.-Análisis estadístico</b>	<b>24</b>
<b>6.- Resultados</b>	<b>25</b>
<b>6.1.-Parámetros ambientales</b>	<b>25</b>
<b>6.2.-Parámetros biológicos</b>	<b>29</b>
<b>6.2.1.- Diversidad fitoplanctónica</b>	<b>29</b>
<b>6.2.2.- Producción primaria y respiración</b>	<b>32</b>

<b>6.2.3.- Zooplancton</b>	<b>35</b>
<b>7.- Discusión</b>	<b>40</b>
<b>8.- Referencias bibliográficas</b>	<b>46</b>

## Índice de figuras

<b>4.1: Ubicación de las lagunas</b>	<b>15</b>
<b>4.2: Laguna Chadilauquen</b>	<b>16</b>
<b>4.3: Laguna Chadilauquen</b>	<b>16</b>
<b>4.4: Laguna La Arocena</b>	<b>18</b>
<b>4.5: Laguna La Arocena</b>	<b>18</b>
<b>5.1: Medición del oxígeno disuelto</b>	<b>20</b>
<b>5.2: Trampa de tipo Schindler-Patalas</b>	<b>20</b>
<b>5.3: Armado del conjunto de las botellas clara y oscura</b>	<b>21</b>
<b>5.4: Filtrado para la determinación de la concentración de clorofila <i>a</i></b>	<b>23</b>
<b>5.5: Cámaras de recuento de Bogorov y submuestreador de Russell</b>	<b>23</b>
<b>6.1: Variación de la temperatura del agua a lo largo del día</b>	<b>25</b>
<b>6.2: Variación de la concentración de oxígeno a lo largo del día</b>	<b>26</b>
<b>6.3: Variación de la transparencia del agua a lo largo del día</b>	<b>26</b>
<b>6.4: Variación del pH a lo largo del día</b>	<b>27</b>
<b>6.5: Variación de la concentración de sólidos suspendidos totales</b>	<b>28</b>
<b>6.6: Variación de la concentración de sólidos suspendidos orgánicos e inorgánicos a lo largo del día</b>	<b>28</b>
<b>6.7: Variación de la concentración de clorofila <i>a</i> a lo largo del día</b>	<b>29</b>
<b>6.8: Variación de la producción primaria neta en La Arocena</b>	<b>33</b>
<b>6.9: Variación de la producción primaria neta en Chadilauquen</b>	<b>33</b>
<b>6.10: Comparación de la producción primaria neta de ambas lagunas</b>	<b>34</b>
<b>6.11: Comparación de la respiración de ambas lagunas</b>	<b>34</b>
<b>6.12: Variación de la abundancia del macro y microzooplancton</b>	<b>36</b>
<b>6.13: Variación de la biomasa del total a lo largo del día</b>	<b>37</b>
<b>6.14: Composición porcentual de la biomasa zooplanctónica</b>	<b>38</b>
<b>6.15: Variación de la biomasa del microzooplancton</b>	<b>38</b>
<b>6.16: Variación de la biomasa del macrozooplancton</b>	<b>39</b>

## Índice de tablas

<b>1.1: Categorías e intervalos de estado trófico</b>	<b>8</b>
<b>1.2: Sistema de clasificación de Hammer</b>	<b>10</b>
<b>4.1: Principales parámetros morfométricos de la laguna Chadilauquen</b>	<b>16</b>
<b>4.2: Principales parámetros morfométricos de la laguna La Arocena</b>	<b>17</b>
<b>6.1: Diversidad algal fitoplanctónica</b>	<b>29</b>
<b>6.2: Especies registradas en el zooplancton</b>	<b>35</b>

## **1.- Introducción**

### **1.1.- Los nutrientes en el medio acuático**

Durante el estudio de los ecosistemas acuáticos epicontinentales, además de la composición iónica del agua, característica altamente variable espacial y temporalmente (Margalef, 1983; Cole, 1988; Kalff, 2002), deben tenerse en cuenta las cantidades de fósforo y nitrógeno, dado que constituyen los principales nutrientes para los organismos vivos. La abundancia de estos elementos también es muy variable espacial y temporalmente y está en directa relación con el tipo de suelo que exista en la cuenca de captación, dado que su concentración suele ser mayor en lagos situados en cuencas sedimentarias que en aquellos ubicados en cuencas donde el predominio esté dado por rocas de origen volcánico. Además, la cantidad de estos elementos es considerablemente mayor en aquellos ambientes situados en regiones influidas por actividades humanas que producen descargas de sustancias ricas en ellos, como las industriales, agropecuarias y domésticas.

La concentración de nutrientes presentes en el agua es la principal responsable del estado trófico de un ambiente, ya que cantidades pequeñas determinan ambientes oligotróficos, poco productivos y por ende de alta transparencia del agua y a la inversa, concentraciones grandes están presentes en ambientes eutróficos, en los que la alta productividad resultará en reducida transparencia del agua.

### **1.2.- Determinación del estado trófico de un ecosistema acuático**

Como se mencionara, el proceso de incorporación de concentraciones excesivas de nutrientes (fósforo y nitrógeno) a un cuerpo de agua, llevan a su enriquecimiento, proceso que se denomina eutrofización. Este proceso cambia el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, aumentando la biomasa en todos los niveles de las redes tróficas y por consiguiente la producción total del ambiente

Al presente, el estado trófico de un cuerpo de agua se define en función de parámetros tales como las concentraciones de fósforo, clorofila *a* y la transparencia del

agua, medida mediante el disco de Secchi, los que determinan las categorías (OECD, 1982) que se indican a continuación:

Tabla 1.1: Categorías e intervalos de estado trófico

	<b>Fósforo total*</b>	<b>Clorofila*</b>	<b>Prof. disco de Secchi* (m)</b>
	<b>(<math>\mu\text{g.l}^{-1}</math>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g.l}^{-1}</math>)</b>	
<b>Ultraoligotrófico</b>	<b>&lt;4</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&gt;12</b>
<b>Oligotrófico</b>	<b>4 - 10</b>	<b>1 - 2,5</b>	<b>12 - 6</b>
<b>Mesotrófico</b>	<b>10 - 35</b>	<b>2,5 - 8</b>	<b>6 - 3</b>
<b>Eutrófico</b>	<b>35 - 100</b>	<b>8 - 25</b>	<b>3 - 1,5</b>
<b>Hipereutrófico</b>	<b>&gt; 100</b>	<b>&gt; 25</b>	<b>&lt; 1,5</b>

### 1.3.- Los lagos someros y los lagos salinos

Los lagos someros (lagunas) son cuerpos de agua que no exceden los tres metros de profundidad, en los que la masa de agua tiende a estar completamente mezclada como consecuencia del efecto del viento, dándole un carácter polimíctico (Scheffer, 1998; Quirós *et al.*, 2002).

Este tipo de ecosistemas generalmente están ubicados en paisajes de llanura y es frecuente que tengan una elevada concentración de nutrientes (fósforo y nitrógeno), lo que ocasiona que sean ambientes eutróficos o hipereutróficos, con grandes biomásas en todos los niveles tróficos y tasas de producción primaria y secundaria también muy altas (Scheffer, 1998; Quirós *et al.*, 2002). Además, suelen estar ubicados en cuencas en las que es común que se realice algún tipo de actividad agropecuaria que incrementa la cantidad de nutrientes que el lago recibe, colaborando en el aumento del estado trófico.

El estudio de la ecología de los lagos someros fue encarado a principios de la década de 1990, generalmente en relación a procesos de eutrofización producidos por el vertido de nutrientes en sus aguas desde diferentes fuentes, por algunos autores como Jeppesen (1998), Jeppesen *et al.* (1991 y 2000), Scheffer (1998) y Scheffer *et al.* (1993), que con sus aportes han contribuido a conocer la importancia para los ecosistemas acuáticos, tanto de la entrada como de la carga interna de nutrientes y su influencia sobre la

transparencia del agua y las productividades primaria y secundaria, al punto que llevó a plantear el modelo de los *estados alternativos de los lagos someros*.

Este modelo conceptual propone dos estados para los lagos someros, definidos en función de la concentración de nutrientes, en particular el fósforo y los efectos que ejercen sobre la transparencia del agua.

En primer lugar, cuando las concentraciones de nutrientes en el sistema son relativamente bajas, la transparencia del agua es alta y la relación  $Z_{\text{promedio}}/Z_{\text{fótico}} = < 1$ . En estos lagos, denominados *claros*, es frecuente que exista una abundante cobertura de macrófitas y poca concentración de fitoplancton. Si además se verifica ausencia o baja abundancia de peces planctívoros, el zooplancton tiende a estar dominado por especies de talla grande, eficientes pastoreadores y filtradores, en especial del género *Daphnia*. En estos ambientes generalmente se encuentra una alta diversidad biótica, las redes tróficas son numerosas y se estructuran alcanzando el máximo número de niveles posible. En los lagos someros claros las aguas permanecen transparentes debido a algunos efectos de la vegetación acuática. Por un lado, las macrófitas absorben nutrientes del agua y de los sedimentos del fondo, compitiendo eficazmente con el fitoplancton y, al disminuir el oleaje y la turbulencia reducen la resuspensión de sedimentos causada por el viento, lo que evita la resuspensión de nutrientes y la turbidez inorgánica. Además, las macrófitas ofrecen un efectivo refugio para el zooplancton pastoreador.

En segundo lugar, cuando las concentraciones de fósforo total en el sistema son relativamente altas, la transparencia del agua es reducida y la relación  $Z_{\text{promedio}}/Z_{\text{fótico}} > 1$ . En estos lagos, denominados *turbios*, las macrófitas son muy escasas o ausentes, ya sea por desbrozado, por la aplicación de herbicidas en el cuerpo de agua o en terrenos aledaños, sobrepastoreo de aves, etc. (Quirós *et al.*, 2002). En estas lagunas existe un abundante desarrollo del fitoplancton, generalmente con un gran desarrollo de cianofitas. El efecto combinado del crecimiento excesivo de algas epifíticas sobre las hojas de las plantas acuáticas y la turbidez fitoplanctónica ensombrecen la vegetación y provocan la desaparición de las plantas. Si además se verifica la presencia de peces planctívoros, el zooplancton tiende a ser de talla chica, con ausencia de *Daphnia*, por lo que su eficiencia de filtración es baja y el fitoplancton no puede ser controlado por el zooplancton. Además, la ausencia de refugio vegetal para los crustáceos planctónicos los hace vulnerables a la depredación por los peces, lo que favorece aún más el crecimiento del fitoplancton, en una

serie de mecanismos en cascada que refuerzan el mantenimiento del estado turbio. En las lagunas turbias generalmente la diversidad es baja y hay pocas cadenas tróficas.

Un tipo especial de cuerpo de agua epicontinental es el constituido por los *lagos salinos*. A diferencia del agua marina, cuya cantidad de sales disueltas y proporciones son relativamente constantes, entre 35 a 39 g.l<sup>-1</sup>, con predominio del cloruro de sodio, en el agua de los ambientes acuáticos continentales la cantidad de solutos y sus proporciones relativas es muy variable (Margalef, 1983), característica que depende de la interacción de muchos factores, como la ubicación geográfica, tipo de cuenca de drenaje, naturaleza de los suelos y uso que de ellos el hombre realice en la cuenca de captación. De esta forma, tratándose de ambientes lénticos, pueden reconocerse desde los diluidos lagos de montaña, que por ser alimentados por aguas de deshielo y estar ubicados sobre rocas de origen volcánico se caracterizan por sus bajos contenidos de sales, hasta lagos someros ubicados generalmente en cuencas arreicas o endorreicas, con niveles de evapotranspiración que superan los de las precipitaciones, por lo que sus contenidos de sales, en algunos casos, pueden alcanzar cientos de gramos por litro. Lejos de ser cuerpos de agua escasos, estos lagos salinos abarcan algo más de la mitad de la extensión total de las aguas epicontinentales (Margalef, 1983).

Al presente, uno de los sistemas de clasificación de las aguas epicontinentales en función de su salinidad más empleado, es el propuesto por Hammer (1986), en el que los cuerpos de agua salinos pueden ser definidos como aquellos que tienen salinidades iguales o mayores de 3 g.l<sup>-1</sup> (Tabla 1).

Tabla 1.2: Sistema de clasificación de Hammer (1986).

<b>Lagos de agua dulce</b>	<b>hasta 0,5 g.l<sup>-1</sup></b>
<b>Lagos subsalinos</b>	<b>0,5 – 3 g.l<sup>-1</sup></b>
<b>Lagos salinos</b>	
<b>Hiposalinos</b>	<b>3 – 20 g.l<sup>-1</sup></b>
<b>Mesosalinos</b>	<b>20 – 50 g.l<sup>-1</sup></b>
<b>Hipersalinos</b>	<b>más de 50 g.l<sup>-1</sup></b>

La limnología de los cuerpos de agua someros y de elevada salinidad de otras latitudes es bastante conocida, tal el caso de Australia, donde fue estudiada por autores tales como Geddes *et al.*, (1981), quienes describieron características químicas y la biota de algunos lagos salinos del oeste australiano. Williams (1981) hizo una revisión de la literatura existente para la mayor parte de los ambientes atalásicos del mundo, considerando la distribución continental y destacó la notable falta de estudios sobre este tipo de ecosistemas sudamericanos, a pesar de su abundancia y extensión. Hammer (1986) escribió un compendio de la información existente y describió aspectos ecológicos de los ecosistemas salinos del mundo, pero hizo especial referencia a los de África, Australia, Canadá, Oriente Medio y EEUU, haciendo evidente la falta de información para Sudamérica, ya mencionada por Williams en 1981.

En Argentina, si bien existen estudios sobre aspectos ecológicos de los lagos someros y salinos, la mayoría se refieren a algún grupo taxonómico, funcional o nivel trófico en particular, como los trabajos de Ringuelet (1962, 1972) y Ringuelet *et al.* (1967) en los que se describieron algunas lagunas de la pampasia bonaerense, los relevamientos que Olivier (1955, 1961) realizó en las lagunas Salada Grande y Vitel, también de la provincia de Buenos Aires, o los de José de Paggi (1976, 1980, 1983, 1984) y Paggi (1980), quienes estudiaron aspectos ecológicos de ambientes lénticos relacionados con la llanura de inundación del río Paraná, sujetos por lo tanto al régimen pulsátil del río. Quirós *et al.* (2002) y Sosnovsky & Quirós, (2003) realizaron una descripción del funcionamiento y el estado trófico de lagunas pampásicas de la provincia de Buenos Aires, en las que detallaron las relaciones existentes entre las biomasas de los distintas comunidades y el contenido de nutrientes del agua. También se cuenta con los estudios realizados por Solari *et al.* (2002) y Neschuck *et al.* (2002) en la provincia de Buenos Aires.

#### **1.4.-Producción primaria**

La producción primaria en un ecosistema es la aportada por los organismos que integran el nivel trófico de los productores (autótrofos).

En el caso de un ecosistema acuático, la producción primaria **bruta**, que puede expresarse mediante la cantidad de carbono fijado por hora, es la **energía total fijada** por

fotosíntesis por el fitoplancton o las plantas. La producción primaria **neta** es la energía fijada por fotosíntesis menos la energía empleada en la respiración.

**Producción Primaria Neta = fotosíntesis total – respiración total**

Teniendo en cuenta el modelo de los estados alternativos de los lagos someros, en las lagunas claras la producción primaria suele estar aportada mayoritariamente por las macrófitas y en menor medida por el fitoplancton. En cambio en las turbias la situación es inversa, ya que debido a la falta de luz en el fondo, las macrófitas no pueden arraigarse y la producción primaria pasa a depender mayoritariamente del fitoplancton.

Para otros lugares del mundo existe información sobre la productividad primaria de algunos cuerpos de agua, medida por diferentes métodos, tal el caso del estudio de tres lagos someros salinos ubicados en el valle del Rift keniano (Oduor & Schagerl, 2007) en donde mediante el método de las botellas claras y oscuras se determinó la producción primaria de lagos salinos- alcalinos; condiciones ambientales adversas que tienden a inhibir el crecimiento de diversas comunidades fitoplanctónicas, o el estudio realizado en el Lago Tana, Etiopía (Wondie *et al.*, 2007), donde a través del método de las botellas claras y oscuras se determinó la producción primaria en uno de los lagos tropicales con tasas más bajas de producción, debido a la naturaleza oligotrófica del lago. También estudiaron su variación temporal, dada la relación entre la producción primaria anual y la temporada de lluvias, que influyen en la disponibilidad de nutrientes y las condiciones favorables de luz.

En el caso de Argentina la información sobre la producción primaria de los lagos someros ubicados en la región pampeana es escasa, dado que generalmente se ha determinado únicamente la concentración de clorofila *a* y las especies presentes en el fitoplancton, pero no se ha determinado la producción primaria fitoplanctónica.

Por otro lado, algunos autores (Evans *et al.*, 1996) plantearon que a iguales concentraciones de nutrientes, los lagos salados tienen diferencias con los lagos de aguas de baja salinidad, ya que tienden a tener bajas concentraciones de clorofila *a*, biomasa algal y por ende, baja productividad primaria, pero altas biomásas de zooplancton. Al presente, esa afirmación hecha en base a estudios en lagos holárticos, no ha sido verificada en lagos someros salinos argentinos, lo que resulta de importancia, dadas las diferencias en la

composición taxonómica que presenta la biota de los ecosistemas acuáticos epicontinentales neotropicales (Paggi, 1998).

La provincia de La Pampa, en la región central de Argentina, se caracteriza por el predominio de condiciones de aridez y semiaridez, crecientes hacia el oeste, siguiendo un gradiente de precipitaciones que va desde 700 mm al noreste, hasta 300 mm al oeste (Roberto *et al.*, 1994), aunque las precipitaciones son siempre superadas por la evapotranspiración potencial, que es del orden de los 800 mm anuales (Ponce de León, 1998). En la provincia hay una gran diversidad de lagos someros, que van desde ambientes subsalinos, como las lagunas que reciben aportes pluviales de ciudades (Don Tomás, La Arocena, Quetré Huitrú) hasta algunos hipersalinos, generalmente ubicados en regiones semiáridas (La Amarga, departamento Curacó).

En La Pampa, la ecología de los lagos someros ha comenzado a estudiarse recientemente (Echaniz & Vignatti 1996, 2001, 2002 a y b; Echaniz *et al.*, 2005 y 2006; Pilati 1997, 1999; Vignatti & Echaniz, 1999, Vignatti *et al.*, 2007, Echaniz *et al.*, en prensa) En estos aportes se estudiaron las principales variables físico químicas, tales como temperatura, pH, salinidad o contenido iónico, cantidad de nutrientes (fósforo y nitrógeno) y su influencia sobre la concentración de clorofila *a*, abundancia, composición taxonómica y biomasa del zooplancton, pero no se hizo referencia a la producción primaria fitoplanctónica y su influencia sobre la biomasa del zooplancton, siguiente nivel en la estructura trófica de los ecosistemas, por lo que resulta de interés el estudio de este aspecto de la ecología de los ambientes pampeanos, comparando la situación en lagos someros de características diferentes, en cuanto a su concentración salina y transparencia del agua.

## **2.- Hipótesis**

2.1.- La concentración de clorofila *a* y la producción primaria están influidas directamente por la concentración de nutrientes presentes en el agua.

2.2.- La biomasa zooplanctónica está determinada directamente por la concentración de clorofila *a* y la producción primaria, que determinan la disponibilidad de alimento.

2.3.- El efecto indirecto de la depredación ejercida por peces planctívoros, es un factor que influye sobre la concentración de clorofila *a* en el agua, aumentándola.

## **3.- Objetivos**

### **3.1- Objetivo general**

- ❖ Determinar la producción primaria fitoplanctónica en dos lagunas de la provincia de La Pampa de diferentes características físico químicas, en función de la concentración de nutrientes y salinidad y su influencia sobre la biomasa del zooplancton.

### **3.2- Objetivos específicos**

- ❖ Caracterizar morfométricamente las lagunas: determinar largos y anchos máximos y efectivos, profundidad máxima y desarrollo de la línea de costa.
- ❖ Caracterizar químicamente las lagunas mediante el análisis de la composición iónica de sus aguas.
- ❖ Conocer la producción primaria fitoplanctónica, expresada como liberación de oxígeno, mediante el método de las botellas claras – oscuras.
- ❖ Conocer la concentración de clorofila *a*.
- ❖ Determinar la concentración de nutrientes del agua.
- ❖ Conocer la composición taxonómica, densidad y biomasa del zooplancton.
- ❖ Analizar las relaciones entre concentración de nutrientes del agua, concentración de clorofila *a*, producción primaria fitoplanctónica y biomasa del zooplancton.

- ❖ Establecer diferencias y/o similitudes entre las lagunas estudiadas.

#### 4.- Área de estudio

El presente estudio se desarrolló en dos cuerpos de agua de la provincia de La Pampa de características diferentes, las lagunas Chadilauquen y La Arocena.

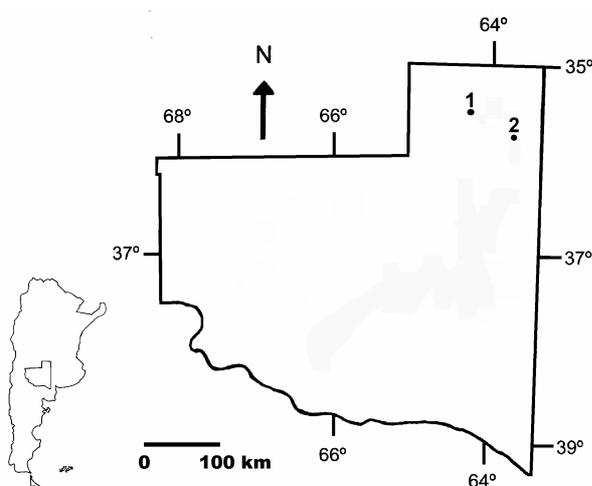


Figura 4.1: Ubicación de las lagunas. 1: Chadilauquen. 2: La Arocena

##### 4.1.- Laguna Chadilauquen (64° 19' 12" Oeste, 35° 24' 30" Sur)

Se ubica en la región norte de la provincia, a unos 3 km de la localidad de Embajador Martini. Es alimentada principalmente por precipitaciones y en menor medida por aportes freáticos. No recibe aportes urbanos, ya que los desagües pluviales son dirigidos en otra dirección. Se trata de un cuerpo de agua arreico, cuyas pérdidas se producen por evaporación o infiltración. Es un ambiente semipermanente, aunque ha permanecido con agua al menos durante los últimos 20 años.

Está situada en un paisaje llano, con suaves ondulaciones, rodeada de campos dedicados desde hace mucho tiempo a la explotación agropecuaria, sobre todo cultivo de cereales y más recientemente, soja. Además, en todo su perímetro, se realiza ganadería vacuna extensiva. De los ambientes estudiados es el que presenta el mayor valor de desarrollo de línea de costa, indicando un contorno con varios accidentes geográficos.

En el pasado la laguna poseía un balneario al que concurrían los pobladores de la zona, pero, desde mediados de la década de los '90 las instalaciones están en completo desuso y estado de abandono.

Tabla 4.1: Principales parámetros morfométricos de la laguna Chadilauquen

Largo máximo (m)	Largo máximo efectivo (m)	Ancho máximo (m)	Ancho máximo efectivo (m)	Longitud línea costa (m)	Área (ha)	Desarrollo línea costa	Profundidad máxima (m)
6391	6391	2739	2674	22456	893,2	2,12	2,2

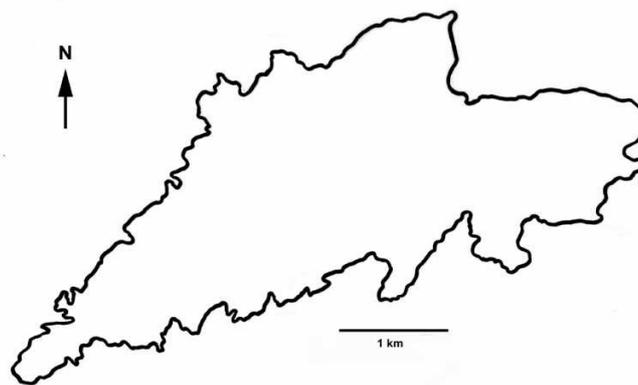


Figura 4.2: laguna Chadilauquen



Figura 4.3: Laguna Chadilauquen

#### 4.2.- Laguna La Arocena (63° 42' 03'' Oeste, 35° 40' 57'' Sur)

Está ubicada al noreste de la provincia, a unos 4 km del casco urbano de la ciudad de General Pico, la segunda localidad de la provincia. Tiene una dirección norte – sur. En su orilla este existe un parque de uso comunitario en relativo desuso y un club náutico y de pesca.

Como la gran mayoría de los cuerpos de agua del territorio pampeano, se trataba de un ambiente temporario o semipermanente, aunque desde la derivación de los desagües pluviales de la localidad hacia su cuenco, mediante un largo canal revestido en hormigón, se ha transformado en permanente.

Se trata de una laguna arreica, situada en el paisaje más fértil de la provincia, por lo que está rodeada de campos dedicados al cultivo de soja, con muy poca carga animal.

Presentó vegetación sumergida o en las orillas, dada especialmente por juncos (*Schoenoplectus californicus*). Posee un fauna íctica dominada por tarariras (*Hoplias malabaricus*) y pejerreyes (*Odonthestes bonariensis*) (Gilbert *et al.*, 1996)

Tabla 4.2.: Principales parámetros morfométricos de la laguna La Arocena

Largo máximo (m)	Largo máximo efectivo (m)	Ancho máximo (m)	Ancho máximo efectivo (m)	Longitud línea costa (m)	Área (ha)	Desarrollo línea costa	Profundidad máxima (m)
1446	1446	512	512	4256	48,5	1,73	3,2



Figura 4.4: Laguna La Arocena



Figura 4.5: Laguna La Arocena

## **5.- Materiales y métodos**

### **5.1.- Trabajo de campo**

Durante el verano de 2008, se realizaron campañas a cada laguna durante las cuales se relevó información sobre parámetros ambientales, se tomaron muestras de agua para análisis físico químico, muestras biológicas y en cada caso se desarrollaron los experimentos para la determinación de la producción primaria, según se describe más abajo.

#### **Parámetros ambientales**

En cada ocasión se determinó la temperatura del agua y concentración de oxígeno disuelto con un oxímetro digital Lutron DO 5510 (Fig. 5.1), transparencia del agua (disco de Secchi), el pH con un pehachímetro Corning PS – 15 y la conductividad (conductímetro Oakton TDSTestr 20).

Empleando botellas plásticas previamente acondicionadas y enjuagadas con agua destilada, cada dos horas, se tomaron muestras de agua a 0,5 m de profundidad que fueron refrigeradas a efectos de su análisis en el laboratorio para la determinación del contenido iónico, clorofila *a*, concentración de nutrientes y sólidos suspendidos totales, orgánicos e inorgánicos y sólidos disueltos totales.

#### **Parámetros biológicos**

Empleando botellas adecuadamente lavadas, se tomaron muestras cualitativas de fitoplancton para la determinación de los *taxa* presentes.

Los muestreos de zooplancton contemplaron la toma de muestras cualitativas y cuantitativas. Las cualitativas se colectaron mediante arrastres verticales y horizontales de una red cónica de 22 cm de diámetro de boca y 40  $\mu\text{m}$  de abertura de malla. Antes de su fijación con formalina al 5% fueron anestesiadas con  $\text{CO}_2$ , a efectos de que los ejemplares mueran extendidos, lo que facilitó su identificación y medición.

En cada ocasión se tomaron dos muestras cuantitativas de zooplancton utilizando una trampa de tipo Schindler-Patalas de 10 litros de capacidad (Fig. 5.2) equipada con una red de 40  $\mu\text{m}$  de abertura de malla. Las muestras se preservaron con formalina al 5%.



Figura 5.1: Medición de oxígeno disuelto



Figura 5.2: Trampa de tipo Schindler-Patalas

## 5.2.-Trabajo experimental

A efectos de determinar la producción primaria fitoplanctónica se empleó la técnica de las botellas clara – oscura (Cole, 1988; Izaguirre & Conzonno, 1995; Reeder & Binion, 2001; Joniak, *et al.*, 2003). Esta práctica se basó en la determinación de la concentración de oxígeno disuelto en el agua (Fig 5.1), dado que este elemento es un subproducto de la fotosíntesis y es consumido en el proceso de respiración aeróbica.

Para determinar si existen diferencias a lo largo del día, este experimento se llevó a cabo en seis horarios diferentes, a las 10, 12, 14, 16, 18 y 20 horas.

Dado que también se procuró establecer la influencia del zooplancton sobre la tasa de producción primaria, simultáneamente se realizaron dos tratamientos diferentes, con o sin zooplancton, el que fue eliminado por filtración a través de una malla de Nyltal de 60  $\mu\text{m}$  de abertura. En cada ocasión se hicieron dos réplicas de cada tratamiento, lo que hizo un total de cuatro baterías de botellas en cada oportunidad.

Para la preparación de cada batería se realizaron colectas subsuperficiales de agua con las que se llenaron tres botellas de vidrio de boca ancha y tapón esmerilado, con iguales cantidades de agua y fitoplancton. Una de las botellas previamente se envolvió y oscureció con plástico negro y cinta aislante de forma de impedir que la luz llegue a las

algas presentes (botella oscura: BO). Una segunda permaneció sin oscurecer (botella clara: BC) y la tercera permitió la determinación de la concentración inicial de  $O_2$  (botella inicial: BI), que es la base a partir de la cual se calculó la producción. Las botellas oscura y clara (Fig. 5.3.) se taparon y se retornaron inmediatamente al nivel del que fueron extraídas las muestras para su incubación (Oduor & Schagerl, 2007), luego de la cual se recogieron y se determinó su contenido de oxígeno.



Figura 5.3: Armado del conjunto de las botellas clara y oscura

Considerando que:

- el oxígeno en la botella clara (BC) ha aumentado por el aporte de la fotosíntesis,
- parte del oxígeno producido ha sido consumido por las actividades respiratorias dentro de la botella,
- los procesos que se producen en la botella oscura (BO) son únicamente respiratorios, por lo que la concentración de oxígeno en BO representa el remanente después de un periodo de respiración,
- la respiración (R) tiene que haber sido similar en ambas botellas, la clara y la oscura,

Por lo tanto se puede inferir que:

$$PN = [O_2] BC - [O_2] BI$$

$$R = [O_2] BI - [O_2] BO$$

Por consiguiente, si

$$PB = PN + R$$

$$PB = [O_2] BC - [O_2] BO$$

A efectos de expresar los resultados como cantidad de carbono fijado por unidad de tiempo:

$$PB = ([O_2] BC - [O_2] BO) * 0.375 / CF * t$$

Donde:

**0.375:** relación molar carbono/ oxígeno

**CF:** coeficiente fotosintético (1.2)

**t:** tiempo de incubación

### 5.3.-Trabajo de laboratorio

Los sólidos disueltos totales (salinidad total) se determinaron por el método gravimétrico, de residuo sólido a 104 °C y los sólidos suspendidos mediante filtrado a través de filtros de fibra de vidrio tipo Whatman GFC, secado a 104 °C y posterior calcinado a 550° C.

El contenido de clorofila *a* se estimó siguiendo los métodos estandarizados de extracción con acetona acuosa, a través de filtros de fibra de vidrio Whatman CFC de 47 mm de diámetro (Fig. 5.4) y determinación de la concentración mediante espectrofotometría (APHA, 1992; Arar, 1997).

La concentración de nitrógeno total se realizó mediante el método de Kjeldahl y la de fósforo total mediante la digestión de la muestra con persulfato de potasio en medio ácido y espectrofotometría UV-visible.



Figura 5.4: Filtrado de agua para la determinación de la concentración de clorofila *a*.

Para determinar la abundancia del zooplankton, se realizaron los conteos de las dos muestras cuantitativas, los de la fracción microzooplanctónica (rotíferos y *nauplii*) se realizaron en cámaras de Sedwick-Rafter, tomando alícuotas de 1 ml con una micropipeta, bajo microscopio óptico a 40-100 X. El macrozooplankton (cladóceros y copépodos) se contó en cámaras tipo Bogorov (Fig. 5.5) bajo microscopio estereoscópico a 20 X. Las alícuotas se tomaron con un submuestreador de Russell de 5 ml. La cantidad de alícuotas necesaria en cada caso se determinaron mediante la fórmula de Cassie (Dowing & Rigler, 1984). Los resultados se expresaron como la media de ambas muestras cuantitativas tomadas en cada ocasión de muestreo.



Figura 5.5.: Cámaras de recuento de Bogorov y submuestreador de Russell

La determinación taxonómica de los copépodos se efectuó siguiendo los criterios de Ringuelet (1958), Bayly (1992a y b), Reid (1985), los cladóceros según Goulden (1968), Smirnov (1971), Korovchinsky (1992) y Paggi (1995, 1996 y 1997).

Las determinaciones taxonómicas de los rotíferos se realizaron siguiendo a Ruttner-Kolisko (1974), Koste (1978) y Segers (1995) principalmente y a otros autores según las familias y géneros presentes en las lagunas.

La determinación de los *taxa* presentes en el fitoplancton se efectuó empleando los trabajos de Streble & Krauter, 1987; Alvarez, (1992), Alvarez & Bazán, (1994), Vélez & Maidana (1995).

#### **5.4.-Análisis estadístico**

Se realizaron test de Levene, análisis de varianza (ANOVA) en caso de verificarse la normalidad de los datos o test de Kruskal – Wallis en caso contrario (Sokal & Rohlf, 1980; Zar, 1996).

## 6.- Resultados

### 6.1.-Parámetros ambientales

Si bien los valores de temperatura del agua de ambas lagunas fueron levemente diferentes, ya que en todas las ocasiones en que se midió, fue ligeramente superior en La Arocena, casi 3 °C, este parámetro siguió un patrón similar en ambas lagunas (Fig. 6.1). En ambos casos la temperatura mínima se registró a las 10 horas (Chadilauquen: 19,9 °C; la Arocena 22,8 °C), aumentando posteriormente, de forma que en La Arocena el máximo se registró a las 16 horas (28,9 °C), luego de lo cual, la temperatura del agua volvió a descender, pero en Chadilauquen, el máximo se registró a las 20 horas, con 25 °C.

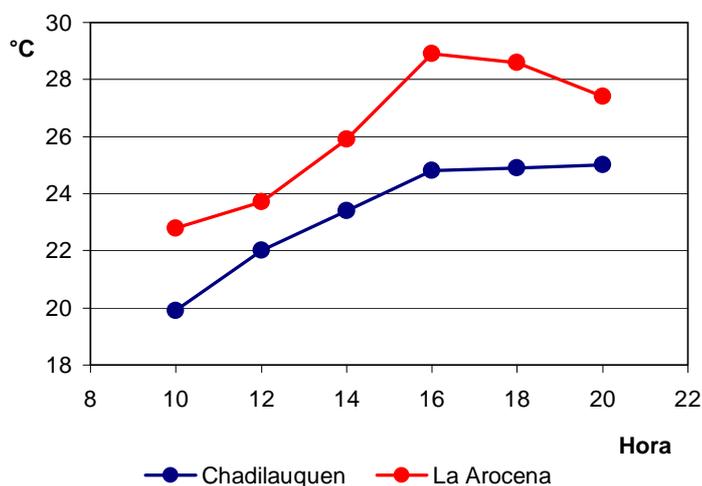


Figura 6.1: Variación de la temperatura a lo largo del día en las lagunas estudiadas.

La concentración de oxígeno disuelto en el agua medida a las 10 horas, momento de inicio de los experimentos fue similar, 8,6 y 8,8 mg.l<sup>-1</sup> en La Arocena y Chadilauquen respectivamente, pero mostró un patrón diferente en ambas lagunas (Fig. 6.2). Mantuvo un aumento constante en La Arocena durante las horas muestreadas hasta alcanzar un máximo de 13,75 mg.l<sup>-1</sup>, a las 20 horas; mientras que en Chadilauquen la concentración de oxígeno, bastante constante, disminuyó ligeramente a lo largo del día.

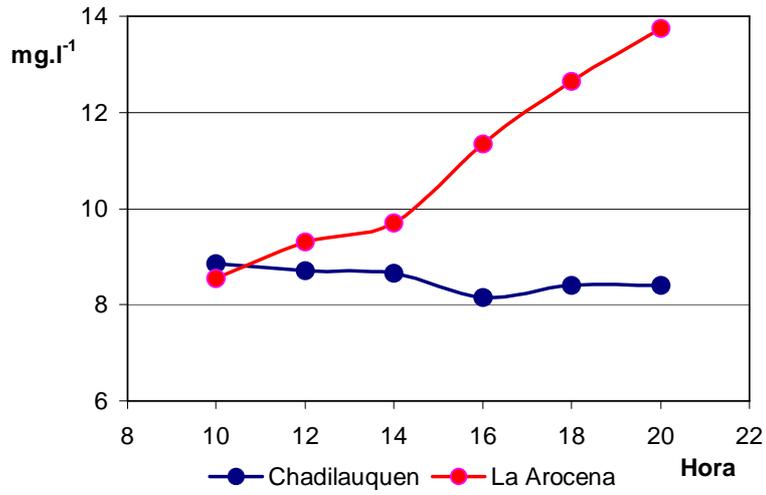


Figura 6.2: Variación de la concentración de oxígeno a lo largo del día en las lagunas estudiadas.

La transparencia del agua (Fig. 6.3) registrada fue mayor en Chadilauquen que en La Arocena (0,51 y 0,27 metros de media a lo largo del día, respectivamente), aunque este parámetro no presentó importantes variaciones a lo largo del día de muestreo.

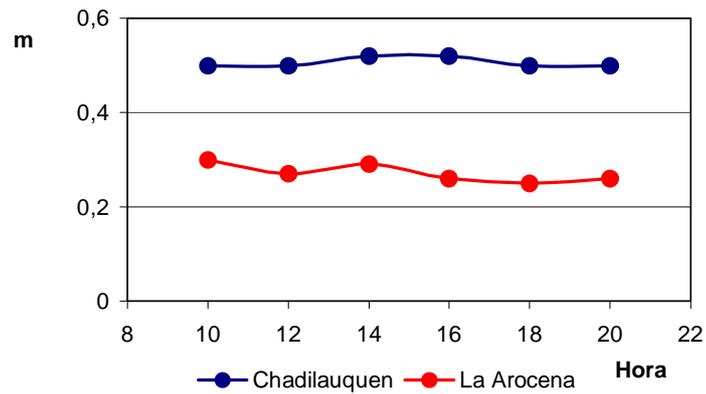


Figura 6.3: Variación de la transparencia del agua a lo largo del día en las lagunas estudiadas.

El pH medido fue mayor en La Arocena que en Chadilauquen (Fig. 6.4). En ambas lagunas mostró un aumento paulatino, aunque con un comportamiento diferente, ya que en Chadilauquen el valor inicial fue 9 y aumentó hasta 9,4, a las 20 horas. En cambio, en La Arocena, el pH aumentó desde 9,3 a las 10 horas, hasta 10,2 a las 16 horas, disminuyendo posteriormente.

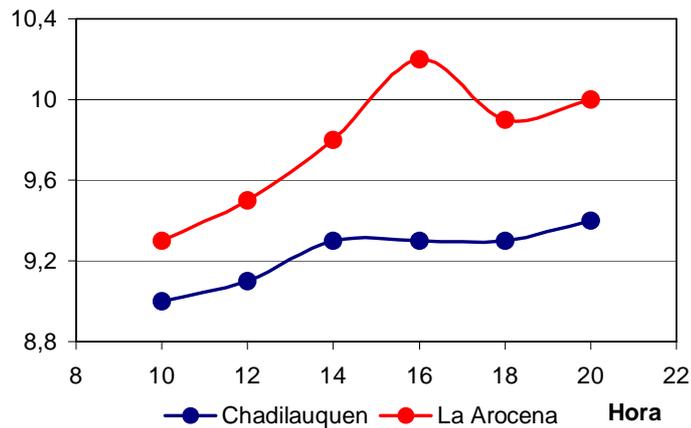


Figura 6.4: Variación del pH a lo largo del día en las lagunas estudiadas.

La concentración de sólidos suspendidos totales fue siempre ligeramente mayor en La Arocena que en Chadilauquen (Fig. 6.5). También se encontraron diferencias entre la concentración de sólidos suspendidos orgánicos e inorgánicos de las lagunas, ya que mientras los sólidos orgánicos nunca superaron el 35% de la concentración total en Chadilauquen, en La Arocena su contenido estuvo cercano al 100% (Fig. 6.6).

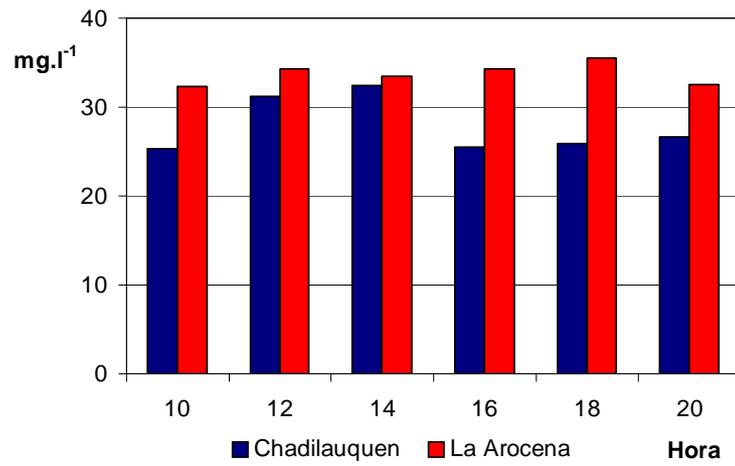


Figura 6.5: Variación de la concentración de sólidos suspendidos totales a lo largo del día en las lagunas estudiadas

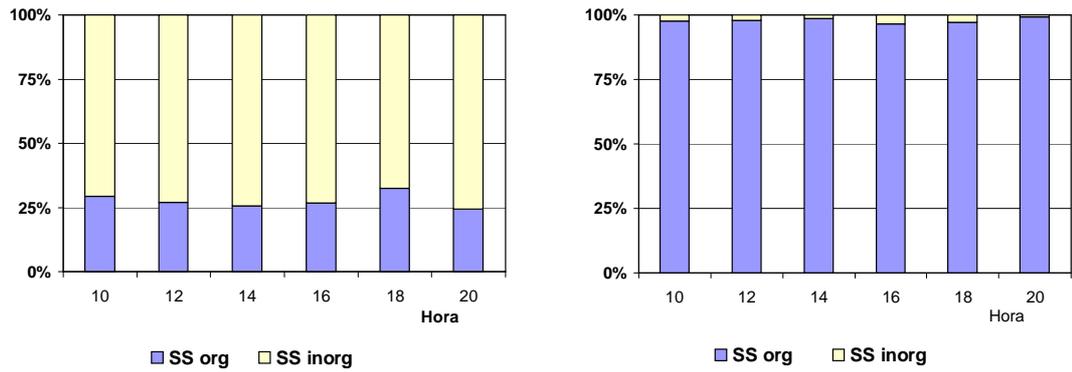


Figura 6.6: Variación de la concentración de sólidos suspendidos orgánicos e inorgánicos a lo largo del día en Chadilauquen y La Arocena.

## 6.2.-Parámetros biológicos

Las concentraciones de clorofila *a* verificadas en ambas lagunas fue diferente. La concentración media registrada a lo largo del día en Chadilauquen fue de 3,3 mg.m<sup>-3</sup>, en cambio la de La Arocena fue de 73,16 mg.m<sup>-3</sup> (Fig. 6.7). Este parámetro no registró oscilaciones mayores a lo largo del día en ninguna de las dos lagunas.

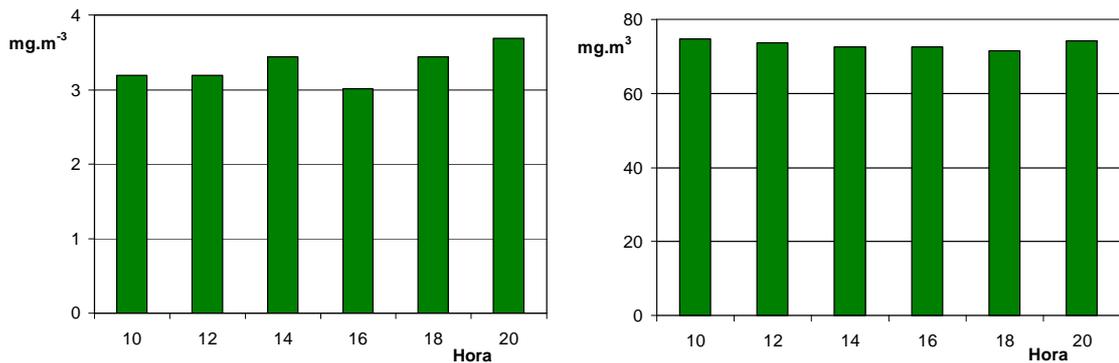


Figura 6.7: Variación de la concentración de clorofila a lo largo del día en la laguna estudiadas (las escalas son diferentes).

### 6.2.1.- Diversidad fitoplanctónica

Se verificó un total de 44 especies de algas fitoplanctónicas. La diversidad fue mucho más elevada en la laguna La Arocena, en donde se hallaron 39 especies de algas, contra sólo 5 en Chadilauquen (Tabla 6.1).

Tabla 6.1: Diversidad algal fitoplanctónica

---

#### Laguna La Arocena

Clase *CYANOPHYCEAE*

Orden *Chroococcales*

Fam. *Chroococcaceae*

1. *Microcystis aeruginosa* Kützing

2. *Microcystis flos-aquae* (Wittrock) Kirchner

3. *Chroococcus minimus* (Keissler) Lemmermann

4. *Coelosphaerium minutissimum* Lemmermann

Orden *Nostocales*

Fam. *Nostocaceae*

5. *Anabaena variabilis* Kützing

6. *Anabaena spiroides* Klebahn

Fam. *Oscillatoriaceae*

7. *Oscillatoria* sp.

8. *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek

9. *Phormidium tenue* (Meneghini) Gomont

Clase *CHLOROPHYCEAE*

Orden *Chlorococcales*

Fam. *Chlorococcaceae*

10. *Tetraedron caudatum* (Corda) Hansgirg

11. *Tetraedron minimum* (A. Braun) Hansgirg

Fam. *Palmellaceae*

12. *Sphaerocystis scroeteri* Chodat

Fam. *Oocystaceae*

13. *Chlorella vulgaris* Beijerinck

14. *Kirchneriella contorta* var. *contorta* Bohlin

15. *Monoraphidium irregulare* (G.M. Smith) Komárková Legenerova

Fam. *Dictyosphaeriaceae*

16. *Dictyosphaerium elegans* Komarek

17. *Dictyosphaerium ehrenbergianum* Nägeli

Fam. *Scenedesmaceae*

18. *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat

19. *Scenedesmus acuminatus* var. *acuminatus* (Lagerheim) Chodat

20. *Scenedesmus opoliensis* P.G. Richter

21. *Scenedesmus spinosus* Chodat

Fam. *Hydrodictyaceae*

22. *Pediastrum clathratum* (Schröder) Lemmermann

23. *Pediatrum simplex* Meyen

24. *Pediastrum duplex* Meyen var. *duplex*

25. *Pediastrum tetras* (Ehrenber) Ralfs

Orden *Zygnematales*

Fam. *Desmideaceae*

26. *Cosmarium sp.*

27. *Staurastrum leptocladum* Nordstedt

28. *Staurastrum sp.*

Clase *BACILLARIOPHYCEAE*

Orden *Centrales*

Fam. *Thalassiosiraceae*

29. *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen

30. *Cyclotella meneghiniana* Kützing

Orden *Pennales*

Fam. *Diatomaceae*

31. *Synedra acus* Kützing

32. *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg

Fam. *Naviculaceae*

33. *Navicula cryptocephala* Kützing

34. *Navicula sp.*

Fam. *Nitzschiaceae*

35. *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith

36. *Nitzschia sp.*

Clase *EUGLENOPHYCEAE*

Orden *Euglenales*

Fam. *Euglenaceae*

37. *Euglena* sp.

38. *Trachelomonas* sp.

Clase *CRYPTOPHYCEAE*

Orden *Cryptomonadales*

Fam. *Cryptomonadaceae*

39. *Cryptomonas* sp

---

### **Laguna Chadilauquen**

Div. *Cyanophyta*

40. *Chamaesiphon* sp

41. *Phormidium tenue*

Div. *Bacillariophyta*

42. *Campilodiscus* sp.

43. *Suirella* sp.

Div. *Chlorophyta*

44. clorofita filamentosa no id.

---

### **6.2.2.- Producción primaria y respiración**

La producción primaria determinada para La Arocena con los dos tratamientos realizados, con o sin zooplancton, no arrojó grandes diferencias entre ellos (Fig. 6.8).

En el tratamiento con zooplancton se verificó un valor mínimo de 0,22 mg de carbono fijado por hora a las 20 horas y un máximo de 0,83 mgC.h<sup>-1</sup>, a las 14 horas. En el tratamiento sin zooplancton, la producción primaria neta mínima fue de 0,61 mgC.h<sup>-1</sup> a las 18 horas y el máximo, también se alcanzó a las 14 horas y fue de 1,05 mgC.h<sup>-1</sup>.

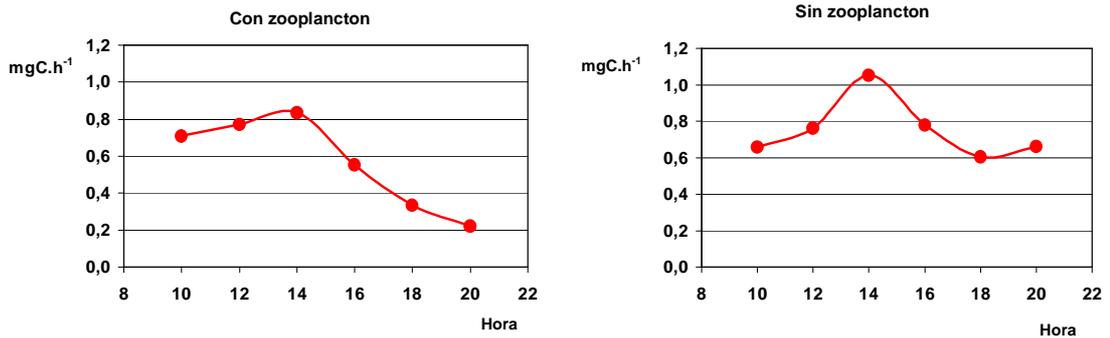


Figura 6.8: Variación de la producción primaria neta ( $\text{mg C.h}^{-1}$ ) en La Arocena con dos tratamientos diferentes (con y sin zooplancton).

En Chadilauquen los valores de producción primaria neta de ambos tratamientos también fueron similares (Fig. 6.9). La producción primaria en el tratamiento con zooplancton mostró un mínimo de  $-0,38 \text{ mgC.h}^{-1}$  a las 10 horas y alcanzó un máximo de  $0,27 \text{ mgC.h}^{-1}$  a las 16 horas. En el tratamiento sin zooplancton la producción primaria neta mínima también se registró a las 10 horas y fue de  $-0,29 \text{ mgC.h}^{-1}$  y la máxima fue de  $0,40 \text{ mgC.h}^{-1}$ , verificada a las 20 horas.

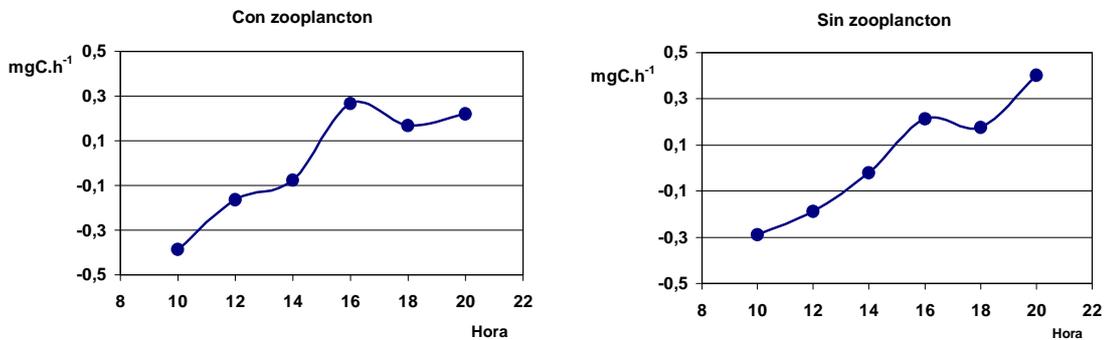


Figura 6.9: Variación de la producción primaria neta ( $\text{mg C.h}^{-1}$ ) en Chadilauquen con dos tratamientos diferentes (con y sin zooplancton).

Al comparar la producción primaria neta determinada en ambas lagunas se verificaron diferencias (Fig. 6.10), ya que este parámetro fue mucho mayor en La Arocena, laguna en la que en ninguna de las experiencias se verificaron valores negativos, cosa que sí ocurrió en Chadilauquen, laguna en la que en las tres primeras experiencias (10 a 14 horas) se determinaron valores de producción negativos.

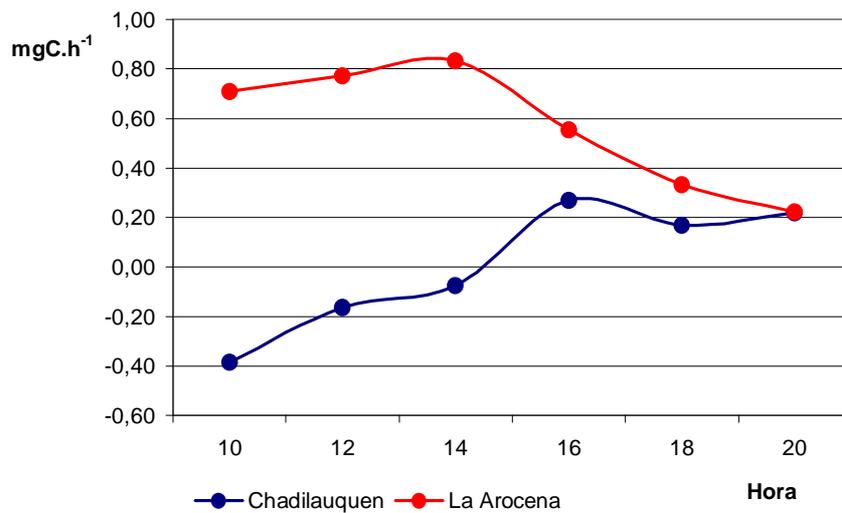


Figura 6.10: Comparación de la producción primaria neta de ambas lagunas (media de ambos tratamientos)

La respiración fue otro parámetro que no arrojó diferencias entre los tratamientos con zooplancton y sin zooplancton (Fig. 6.11). En cambio se verificaron diferencias entre las lagunas estudiadas. En ambas lagunas, el máximo valor de respiración se verificó a las 10 horas, con 1,15 y 0,76 mgO<sub>2</sub>h<sup>-1</sup> en Chadilauquen y La Arocena respectivamente. El valor mínimo registrado en Chadilauquen fue de 0,00 mgO<sub>2</sub>h<sup>-1</sup> a las 16 horas y en La Arocena fue -0,73 mgO<sub>2</sub>h<sup>-1</sup> a las 14 horas.

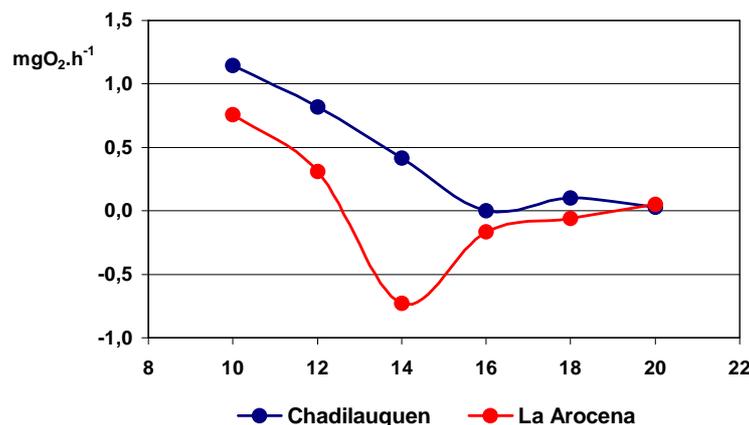


Figura 6.11: Comparación de la respiración de ambas lagunas (media de ambos tratamientos)

### 6.2.3.- Zooplancton

Se verificó un total de 14 *taxa*: 3 cladóceros, 2 copépodos y 9 rotíferos (Tabla 6.2). En la laguna La Arocena se registraron 10 *taxa*, contra 9 en Chadilauquen. En el caso de los copépodos, en la primera de ellas se verificó la presencia únicamente de ciclopoideos, en cambio en la segunda el dominio estuvo dado por los calanoideos. Entre los rotíferos, se verificó el predominio del género *Brachionus* en ambos casos, ya que se encontraron 3 especies en La Arocena y 5 en Chadilauquen.

Tabla 6.2: Especies registradas en el zooplancton

<i>Taxa</i>	La Arocena	Chadilauquen
<b>Cladóceros</b>		
<i>Bosmina huaronensis</i> (Delachaux, 1918)	X	
<i>Diaphanosoma birgei</i> (Korinek, 1981)	X	
<i>Moina eugeniae</i> (Olivier, 1954)		X
<b>Copépodos</b>		
<i>Microcyclops anceps</i> (Richard, 1897)	X	
<i>Boeckella poopuensis</i> (Marsh, 1906)		X
<b>Rotíferos</b>		
<i>Brachionus havannaensis</i> (Rousselet, 1913)	X	X
<i>B. plicatilis</i> (Müller, 1786)	X	X
<i>B. angularis</i> (Gosse, 1851)		X
<i>B. pterodinoides</i> (Rousselet, 1913)		X
<i>Brachionus</i> sp.	X	X
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	X	X
<i>Hexarthra</i> sp.	X	X
<i>Trichocerca</i> sp.	X	

La abundancia zooplanctónica registrada a lo largo del día fue mayor en la laguna La Arocena, tanto en lo que respecta al macro como al microzooplancton. En la primera fracción se registró una media a lo largo del día de 373,75 contra 212,83 individuos por litro de Chadilauquen (Fig. 6.12). En el microzooplancton ocurrió lo mismo, pero la diferencia entre ambas lagunas fue mucho más marcada, ya que en La Arocena se registró una abundancia media de 3021 ind.l<sup>-1</sup>, contra apenas 55 ind.l<sup>-1</sup> de Chadilauquen.

En ambas lagunas se verificó un descenso de la abundancia en las horas de mayor insolación (Fig. 6.12), ya que en el caso del macrozooplancton de La Arocena, la abundancia cayó desde 610 ind.l<sup>-1</sup> a las 10 hs. hasta 115 a las 14, para elevarse nuevamente hasta alcanzar 615 ind.l<sup>-1</sup> las 20 horas. En el caso del microzooplancton el patrón fue similar, con una marcada disminución de su abundancia desde 4046 ind.l<sup>-1</sup> a las 10 hs. hasta 1732.50 ind.l<sup>-1</sup> entre las 12 y las 16 horas. En Chadilauquen este cambio en la abundancia del macrozooplancton fue similar, aunque dada la menor abundancia, la amplitud fue menor, ya que este parámetro cayó desde 241 ind.l<sup>-1</sup> a las 10 hs, hasta 148 ind.l<sup>-1</sup> a las 14 horas para volver a subir hasta 202 ind.l<sup>-1</sup> a las 20 horas. En el caso del microzooplancton, también se verificó un leve descenso de la abundancia durante las horas de mayor insolación.

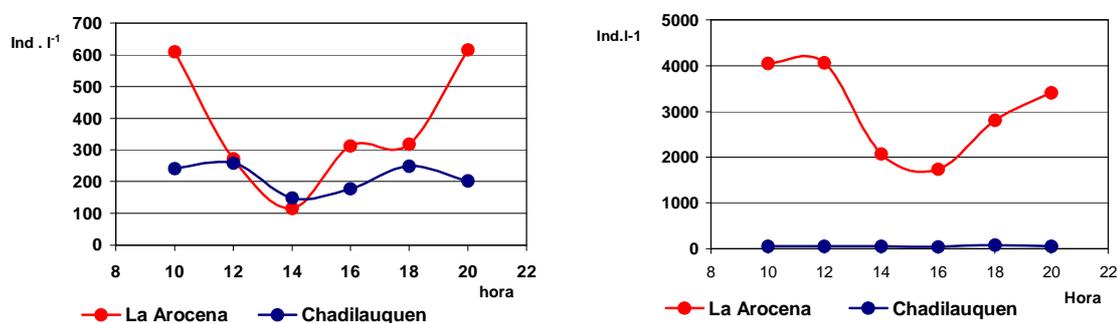


Figura 6.12: Variación de la abundancia del macro y microzooplancton respectivamente a lo largo del día en las lagunas estudiadas.

La biomasa total zooplanctónica medida fue mayor en la laguna Chadilauquen, registrándose una media a lo largo del día de 2089,9  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , contra 614,2  $\mu\text{g.l}^{-1}$  en La Arocena (Fig. 6.13). En ambos casos la mayor parte de la biomasa estuvo compuesta principalmente por el macrozooplancton (Fig. 6.14), siendo esto mucho más evidente en la laguna Chadilauquen, en la que alcanzó una media a lo largo del día de 2070  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , contra 19,9  $\mu\text{g.l}^{-1}$ . En La Arocena, si bien el macrozooplancton también aportó la mayor biomasa, con 447,4  $\mu\text{g.l}^{-1}$  esa diferencia no se hace tan evidente, ya que el micro alcanzó 166,8  $\mu\text{g.l}^{-1}$ .

El comportamiento observado sobre la fluctuación diaria de la biomasa zooplanctónica siguió el mismo patrón que la abundancia (Fig. 6.13), ya que en La Arocena se verificó una caída en la biomasa desde 893,8  $\mu\text{g.l}^{-1}$  a las 10 horas, hasta 241  $\mu\text{g.l}^{-1}$  a las 14 para luego volver a aumentar, llegando a 959,7  $\mu\text{g.l}^{-1}$  a las 20 hs. En Chadilauquen la fluctuación varió desde 2492,6  $\mu\text{g.l}^{-1}$  a las 12, hasta 1466,8  $\mu\text{g.l}^{-1}$  a las 14 horas.

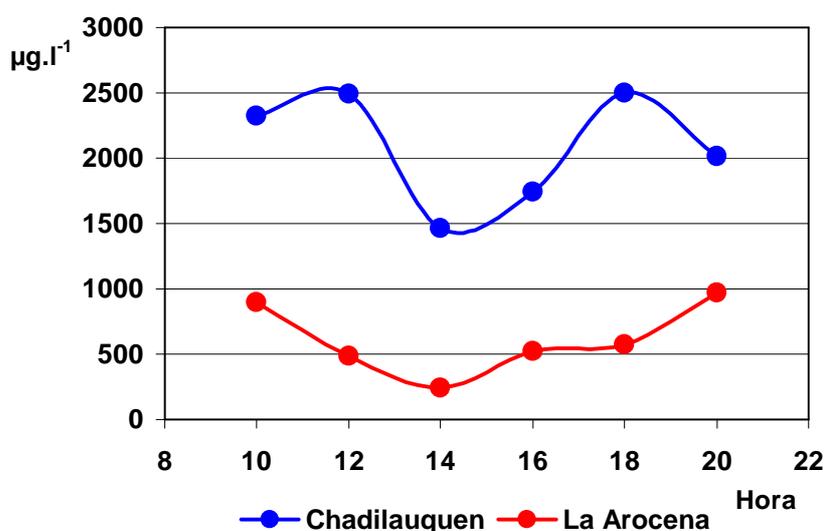


Figura 6.13: Variación de la biomasa del total a lo largo del día

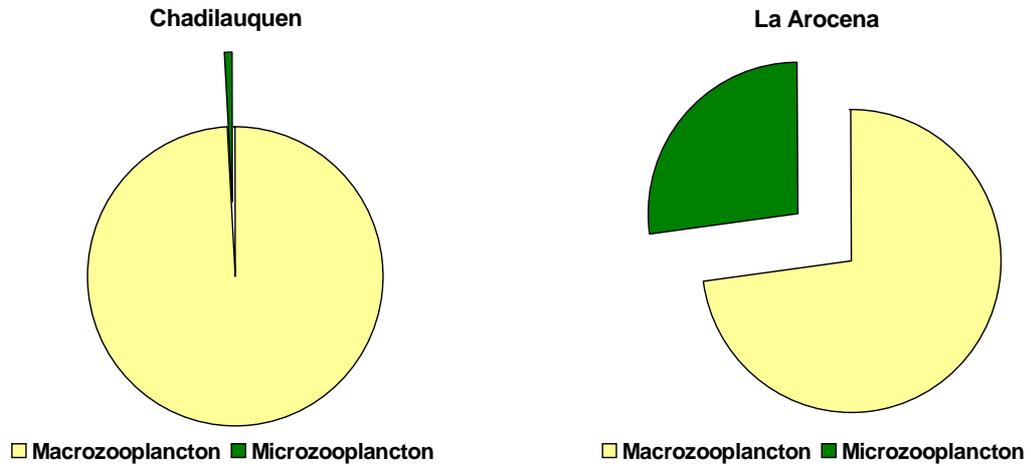


Figura 6.14: Composición porcentual de la biomasa zooplanctónica

Tomando las fracciones integrantes del zooplankton, la biomasa del microzooplankton de Chadilauquen disminuyó entre las 14 y las 16 horas llegando a  $12,7 \mu\text{g.l}^{-1}$ , aumentando luego, hasta alcanzar un máximo de  $25 \mu\text{g.l}^{-1}$  a las 18 horas. En La Arocena, la fluctuación varió desde  $224,4 \mu\text{g.l}^{-1}$  a las 10 horas, hasta  $102,8$  a las 16 horas (Fig. 6.15). En el caso del macrozooplankton (Fig. 6.16), dado que en Chadilauquen fue la fracción que más aportó, su comportamiento fue el descrito para la biomasa total, pero en La Arocena cambió de  $669,4 \mu\text{g.l}^{-1}$  a las 10, hasta  $127,7 \mu\text{g.l}^{-1}$  a las, pero posteriormente se elevó hasta alcanzar  $776,7 \mu\text{g.l}^{-1}$  a las 20 horas.

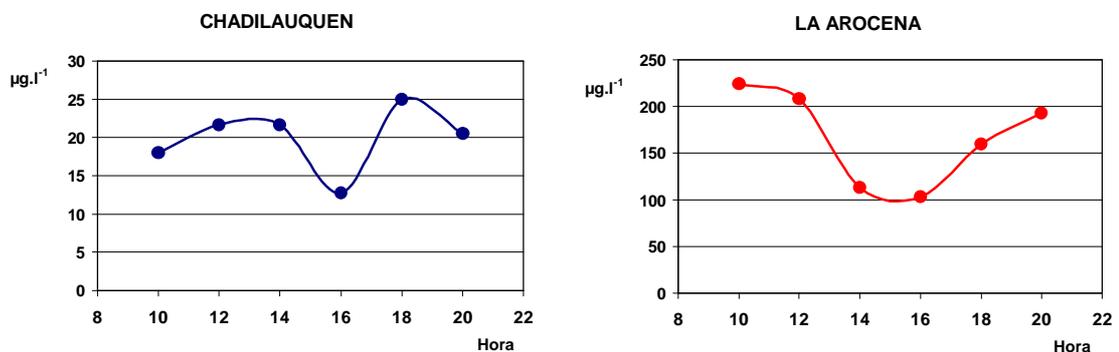


Figura 6.15: Variación de la biomasa del microzooplankton a lo largo del día en las lagunas estudiadas.

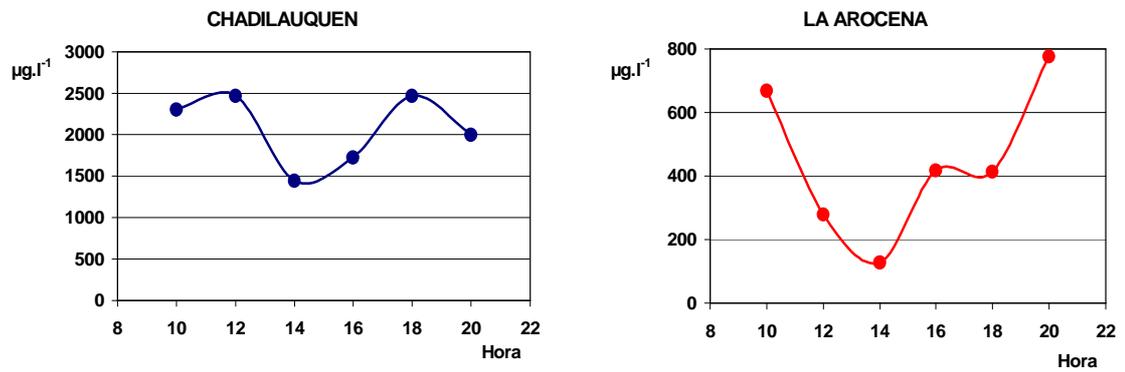


Figura 6.16: Variación de la biomasa del macrozooplancton a lo largo del día en las lagunas estudiadas.

## 7.- Discusión

Las lagunas La Arocena y Chadilauquen están ubicadas en lugares geográficos relativamente similares, rodeadas por campos en los que se desarrolla actividad agrícola, pero sin embargo presentan características que las diferencian.

Chadilauquen es de mayores dimensiones, ya que posee una superficie de 893,2 has mientras que La Arocena sólo cuenta con 48,5 has. Pese a esta notable diferencia La Arocena tiene una profundidad máxima mayor, ya que al momento de los muestreos se midieron 3,2 m, en tanto que Chadilauquen sólo mostró 2,2 m de profundidad máxima. La comparación del desarrollo de la línea de costa, parámetro morfométrico que compara y relaciona el perímetro del cuenco con el de una circunferencia, indica que Chadilauquen, que registró un valor más elevado, posee mayor contacto con su entorno agronómico (Dangavs, 1995). A esto debe sumarse el hecho de que dicha laguna tiene una alimentación dada especialmente por esorrentía superficial, desde los campos circundantes, mas que la alimentación dada por los desagües pluviales provenientes de la ciudad aledaña como en el caso de La Arocena, lo que podría afectar las características de ambos cuencos.

Otra importante diferencia entre ambos ambientes está dada por la salinidad, siendo la laguna Chadilauquen mesosalina, por poseer  $35,7 \text{ g.l}^{-1}$ , mientras que La Arocena que sólo alcanza  $0,18 \text{ mg.l}^{-1}$ , puede clasificarse como una laguna de agua dulce (Hammer, 1986).

Si bien los valores de pH registrados en ambas lagunas son relativamente parecidos, el análisis de varianza (ANOVA) ( $F = 13.72$ ;  $p = 0.004085$ ), determinó que ese parámetro limnológico también es diferente entre ambos cuerpos de agua. El valor de pH obtenido en Chadilauquen fue de 9,23 y el de La Arocena 9,78. Si bien los valores de este parámetro medidos en ambas lagunas son relativamente similares a los del lago Santa Olalla,(10,01), (López-Archilla *et al.*, 2004) la variación de este parámetro, sobre todo en La Arocena, a lo largo del día registró una situación similar a la de dicho lago; esto se debería a que la fijación de carbono como consecuencia de la actividad fotosintética puede desplazar el equilibrio del sistema dióxido de carbono / bicarbonato / carbonato (mecanismo búfer más común en los sistemas de agua dulce) de forma que la fotosíntesis tiende a aumentar el pH del medio ambiente (Cole, 1988; López-Archilla *et al.*, 2004). Este aumento de pH es especialmente notable en los sistemas hipereutróficos, como consecuencia de una alta

producción primaria (López-Archilla *et al.*, 2004). Por otro lado, el elevado pH generado establece un mecanismo de retroalimentación positiva en el sistema, ya que, mayores cantidades de carbono se encuentran disponibles para la producción primaria y los nutrientes tales como el fósforo se hacen mas solubles (López-Archilla *et al.*, 2004).

La concentración de clorofila *a* de las dos lagunas también es diferente. El ANOVA mostró diferencias significativas entre ambos cuerpos de agua ( $F = 19035.60$ ;  $p = 0.000$ ), siendo más de 20 veces mayor en la laguna La Arocena. Dado que este parámetro se relaciona fuertemente con la transparencia del agua de un ecosistema acuático, se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias, el mismo indicó que las dos lagunas también difieren significativamente en este aspecto ( $F = 685.552$ ;  $p = 0.00$ ), dado que el valor de transparencia encontrado en Chadilauquen fue el doble que en La Arocena.

A pesar del elevado contenido de nutrientes en el agua y de la elevada biomasa zooplanctónica, Chadilauquen presenta una concentración de clorofila *a* de  $3,3 \mu\text{g.l}^{-1}$ , valor similar al encontrado en el lago oligotrófico Tana (Wondie *et al.*, 2007), cuya concentración de clorofila *a* es de  $4,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Dicho valor cae dentro del rango enunciado por Quirós *et al.* (2002) para las lagunas claras de la provincia de Buenos Aires. A pesar de que el valor obtenido en La Arocena ( $73,16 \mu\text{g.l}^{-1}$ ) es superior comparado con Chadilauquen y el lago Tana, es muy inferior comparado con los lagos presentes en el Rift Keniano (Oduor *et al.*, 2007), donde la concentración de clorofila *a* para Borgoria es de  $452,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ , para Nakuru  $815,5 \mu\text{g.l}^{-1}$  y para Elmentaita  $465,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ . La concentración de clorofila *a* de estas lagunas cae en el rango dado por Quirós *et al.* (2002) para lagunas turbias de la provincia de Buenos Aires pero es aproximadamente la mitad del registrado en Don Tomás, laguna de características similares ya que es alimentada por desagües pluviales provenientes de la ciudad de Santa Rosa (Echaniz *et al.*, en prensa).

La transparencia registrada en Chadilauquen fue de 0,51 metros y en La Arocena fue de 0,27 metros. Una transparencia intermedia se registró en el lago Tana (Wondie *et al.*, 2007), cuya valor fue de 0,35 metros. También se encontraron valores de transparencias similares a las de La Arocena en los lagos Borgoria, Nakuru y Elmentaita, en el Rift Keniano (Oduor *et al.*, 2007) cuyas profundidades fueron de 0,25; 0,27 y 0,19 metros respectivamente, comprobando la alta relación entre la concentración de clorofila *a* y transparencia del agua.

La cantidad de sólidos suspendidos totales encontrados en La Arocena fue siempre mayor que en Chadilauquen. Esta diferencia entre ambos ambientes también es significativa de acuerdo al análisis de varianza (ANOVA:  $F=18.522$ ;  $p=0.001552$ ). Al analizar las fracciones integrantes de los sólidos suspendidos, también se registraron diferencias significativas. En el caso de los sólidos suspendidos de origen orgánico, ANOVA dio un  $F=2172.348$ ;  $p=0.00$ , y para los sólidos suspendidos de origen inorgánico  $F=303.3095$ ;  $p=0.00$ .

La reducida transparencia del agua de la laguna Chadilauquen, no está ocasionada por la biomasa fitoplanctónica, tal como lo prueban las reducidas concentraciones de clorofila *a* que se midieron a lo largo del día, sino por los sólidos inorgánicos, de forma similar a lo registrado en el lago Tana (Wondie *et al.*, 2007). Estos sólidos provienen de los sedimentos, cuya resuspensión puede ser causada por el gran movimiento del agua provocado por el viento y la poca profundidad de la laguna.

Por otro lado, se verificó una alta correlación (0,99644983) entre los sólidos suspendidos orgánicos y la concentración de clorofila para ambas lagunas.

Con respecto a las temperaturas medidas, se encontró que no hay una diferencia entre las lagunas estudiadas, lo cual se comprobó mediante el test de ANOVA ( $F=4.676$ ;  $p=0.055889$ ).

En relación a la concentración de fósforo encontrado en ambas lagunas, los valores son similares, pero no ocurre lo mismo con la concentración de nitrógeno. En Chadilauquen se encontró una concentración de  $22,5 \text{ mg.l}^{-1}$ , mientras que en La Arocena sólo hay  $9,37 \text{ mg.l}^{-1}$ . Esta diferencia puede estar relacionada con las actividades agrícolas que rodean al cuenco, añadiéndole cantidades importantes de nitrógeno a través de los fertilizantes.

Como se mencionó más arriba, el estado trófico de un cuerpo de agua se define en función de tres parámetros, la concentración de fósforo total, la concentración de clorofila *a* y la transparencia medida mediante el disco de Secchi. En función de los valores registrados de concentración de fósforo y transparencia del agua, ambas lagunas pueden ser clasificadas como cuerpos de agua hipereutróficos. Tomando en cuenta la concentración de clorofila *a*, la categorización es diferente, ya que La Arocena es hipereutrófica, en cambio Chadilauquen es mesotrófica.

Con respecto al zooplancton, el número de especies registradas en cada laguna fue similar, pero las asociaciones verificadas en cada caso fueron diferentes. La laguna Chadilauquen se caracterizó por presentar el ensamble típico de los lagos someros salinos sin peces de la provincia de La Pampa (Echaniz *et al.*, 2005 y 2006; Vignatti *et al.*, 2007), integrado por el cladóceros *Moina eugeniae* y el copépodo calanoideo *Boeckella poopoensis*, ambos crustáceos de talla relativamente grande. La laguna La Arocena, en cambio, se caracterizó por presentar la asociación zooplanctónica típica de lagos someros de salinidad reducida, pero que además presentan fauna íctica, dentro de la que puede haber alguna especie depredadora de la comunidad zooplanctónica (Vignatti *et al.*, 2007; Echaniz *et al.*, en prensa). En este caso las especies registradas fueron los cladóceros *Bosmina huaronensis* y *Diaphanosoma birgei* y el copépodo ciclopoideo *Microcyclops anceps*, todas de talla relativamente reducida. Con respecto a los rotíferos, el número de especies registrado fue el mismo en ambos casos, con el predominio del género *Brachionus*.

Con respecto a la abundancia total del zooplancton presente en las lagunas estudiadas, se encontró una diferencia significativa (ANOVA:  $F=46.88312$ ;  $p=0.000045$ ), dado que la abundancia registrada en Chadilauquen fue de sólo el 8% de la verificada en La Arocena, pero en ambos casos, es muy inferior a la abundancia registrada en el lago Sultan Sazligi (Akbulut, 2003), donde se contabilizó una abundancia promedio de 9255 ind.l<sup>-1</sup>. Al analizar por separado las fracciones integrantes del zooplancton se comprobó que la abundancia del macrozooplancton no arrojó diferencias significativas entre ambas lagunas (ANOVA:  $F=3.73651$ ;  $p=0.082025$ ). En cambio, para la abundancia del microzooplancton, el análisis de varianza ( $F=53.72565$ ;  $p=0.000025$ ), indicó que las medias son significativamente diferentes, siendo superiores en La Arocena.

En ambas lagunas se encontró un similar comportamiento en la variación de la abundancia del zooplancton a lo largo del día, con la disminución de la abundancia durante la mañana y el medio día, para luego, aumentar nuevamente sobre las 14 y 16 horas.

La biomasa zooplanctónica total presente en Chadilauquen esta compuesta mayoritariamente por el macrozooplancton, debido al gran tamaño de sus individuos, llegando a representar más del 99 % del total. En cambio en La Arocena esa diferencia no se hace tan evidente por el bajo tamaño de los individuos que componen el macrozooplancton, por lo que el microzooplancton representó el 27,16 % del total.

La biomasa total comparada entre las dos lagunas es distinta, el test de ANOVA ( $F=51.4760$ ;  $p=0.000030$ ), indicó que sus medias son significativamente diferentes. A pesar de que la abundancia del macrozooplancton es similar en ambas lagunas, la biomasa no lo fue. La diferencia en las medias es significativamente diferentes (ANOVA:  $F=66.8436$ ;  $p=0.000010$ ). La biomasa del microzooplancton también es significativamente diferente entre Chadilauquen y La Arocena, (ANOVA:  $F=50.64726$ ;  $p=0.000032$ ). Aunque por su concentración en clorofila *a* la laguna Chadilauquen puede ser clasificada como clara (Scheffer, 1998; Quirós *et al.*, 2002) corregir, la biomasa de su comunidad macrozooplanctónica es muy superior a la media indicada por Quirós *et al.* (2002) para este tipo de laguna de la provincia de Buenos Aires. En el caso de La Arocena, por el contrario su biomasa es casi un tercio de la media indicada por Quirós *et al.* (2002) para las lagunas turbias de la provincia de Buenos Aires.

Con respecto a la respiración, no se verificaron diferencias significativas en ambas lagunas entre los tratamientos con zooplancton y sin zooplancton. En el caso de la laguna Chadilauquen, el análisis de varianza calculado fue ( $F=0.112470$ ;  $p=0.744279$ ). Para La Arocena, el análisis de varianza calculado fue ( $F=0.358366$ ;  $p=0.562729$ ).

A través del análisis estadístico (ANOVA:  $F=3.819792$ ;  $p=0.063477$ ), se determinó que no existen diferencias significativas en la respiración entre las dos lagunas estudiadas, a pesar de la notoriamente diferente biomasa zooplanctónica. Sin embargo, la mayor biomasa zooplanctónica de la laguna Chadilauquen justificaría la mayor tasa respiratoria verificada en esta laguna, que fue superior a la producción primaria neta a lo largo de la mayor parte del día.

La disminución de la tasa respiratoria que se registró en ambas lagunas entre las 14 y 16 horas, se corresponde con un descenso en la biomasa zooplanctónica, lo que podría ser indicativo de migraciones del zooplancton hacia zonas de mayores profundidades durante las horas de mayor insolación.

Tanto en Chadilauquen como en La Arocena no se encontraron diferencias significativas con respecto a la producción primaria neta ocurrida en los tratamientos con y sin zooplancton. Para Chadilauquen el análisis de varianza arrojó un valor de  $F=0.086660$ ;  $p=0.774487$ . En La Arocena ANOVA arrojó un resultado de  $F=2.2947$ ;  $p=0.160767$ .

Al comparar la producción primaria de ambas lagunas, ANOVA arrojó diferencias significativas ( $F=43.86216$ ;  $p=0.000001$ ). En La Arocena se verificó que hubo producción primaria a lo largo de todo el día, ya que a las 10 horas se registró un valor relativamente elevado de fijación de carbono:  $0,71 \text{ P Neta.h}^{-1} \text{ (C)}$ , que disminuyó significativamente a partir de las 14 horas, a pesar que las concentraciones de clorofila *a* registradas a lo largo del día fueron relativamente constantes. La disminución de la tasa de producción primaria podría deberse al fenómeno de fotoinhibición, que se produce durante períodos en que la intensidad de la luz es demasiado elevada ( Reigosa *et al.*, 2003)

Por el contrario, en Chadilauquen predominó el proceso de respiración sobre el de producción primaria, ya que se verificó fijación de carbono, aunque en cantidades reducidas, a las 16 y 20 horas. Esta diferencia en la producción primaria neta de ambas lagunas se relaciona con la cantidad de fitoplancton presente, expresado como concentración de clorofila *a*, ya que en La Arocena el valor de este parámetro fue 20 veces más elevado.

Al comparar valores de producción primaria, en el lago Tana de Etiopía (Wondie *et al.*, 2007), cuya producción primaria neta representa el 35% y la del valle del Rift Keniano (Oduor *et al.*, 2007), en los lagos Borgoria, Nakuru y Elmentaita, cuyas producciones primarias netas representaban el 70, 65 y 55% respectivamente de la producción primaria bruta, en Chadilauquen la producción primaria neta fue el 4,2 % y en La Arocena fue el 92% de la bruta.

## 8.- Referencias bibliográficas

- Akbulut, A., 2003. The relationship between phytoplanktonic organisms and chlorophyll *a* in Sultan Sazligi. *Turk. J. Bot.* 27: 421 – 425.
- Álvarez, S., 1992. Algas de aguas continentales de La Pampa (Argentina I Volvocales y Chlorococcales (Chlorophyta). *Rev. Fac. Agronomía* 6 (2): 35 – 51.
- Álvarez, S. & G. Bazán, 1994. Cianofíceas continentales de la provincia de La Pampa (Argentina) – I. *Rev. Fac. Agronomía* 7 (2): 43 – 82.
- APHA, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington, DC.
- Arar, E. J., 1997. In Vitro Determination of Chlorophylls a, b, c + c and Pheopigments in Marine and Freshwater Algae by Visible Spectrophotometry. Method 446.0. U.S. Environmental Protection Agency.
- Bayly, I. A. E., 1992a. Fusion of the genera *Boeckella* and *Pseudoboeckella* (Copepoda) and revision of their species from South America and sub-Antarctic islands. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 17 - 63.
- Bayly, I. A. E., 1992b. The non-marine Centropagidae (Copepoda:Calanoida) of the world. In: H. J. Dumont (ed.) *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*. SPB Academic Publishers, The Hague.
- Cole, G. A., 1988. *Manual de limnología*. Ed. Hemisferio Sur, Bs. As. 405pp.
- Dangavs, N., 1995. Morfometría de cuerpos lénticos. Pp 27-44. En: Lopretto E. y G. Tell (eds.) *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio*. Ediciones Sur, La Plata.
- Dowing J. & F. H. Rigler, 1984. *A Manual on methods for the Assesment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. Blackwell Scientific Publication. 501 pp.

- Echaniz, S. & A. 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 (Crustacea: Anomopoda y Ctenopoda) 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, 2002a. Variación anual de la taxocenosis de cladóceros planctónicos (Crustacea: Branchiopoda) de una laguna de elevada salinidad (La Pampa, Argentina). *Neotrópica* 48: 11-17.
- Echaniz, S. A. & A. M. Vignatti, 2002b. Caracterización limnológica y variación anual de la taxocenosis de cladóceros de la laguna Quetré Huitrú (pcia. de La Pampa, Argentina). Pág. 40, resúmenes II Jornadas de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos.
- Echaniz, S., A. Vignatti, S. José de Paggi & J. Paggi, 2005. Riqueza y composición del zooplankton de lagunas saladas de la región pampeana argentina. *Revista FABICIB* 9: 25 – 39.
- Echaniz, S., A. Vignatti, S. José de Paggi, J. Paggi & A. Pilati, 2006. Zooplankton seasonal abundance of south american saline shallow lakes. *International Review of Hydrobiology* (91): 86 - 100.
- Echaniz, S., A. Vignatti & P. Bunino, en prensa. El zooplankton de un lago somero hipereutrófico de la región central de Argentina. Cambios después de una década. *Biota Neotropica*.
- Evans, M.S., M. T. Arts & R. D. Robarts, 1996. Algal productivity, algal biomass, and zooplankton biomass in a phosphorus-rich saline lake: deviations from regression model predictions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53:1048-1060.
- Geddes, M. C., P. De Dekker, W. D. Willams, D. W. Morton & M. Topping, 1981. On the chemistry and biota of some saline lakes in Western Australia. *Hydrobiologia*. 82: 201-222.

- Gilbert, V., O. Del Ponti, M. Wrede, S. Tiranti & I. Doma, 1996. Ictiofauna y ambientes acuáticos en la provincia de La Pampa. Actas de las VI Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales: 123 – 131.
- Goulden, C. E., 1968. The systematics and evolution of the Moinidae. Trans. Amer. Phil. Soc. 58 (6): 1-101.
- Hammer, U. T., 1986. Saline Lake Ecosystems of the World. Monographiae Biologicae 59. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 616 pp.
- Izaguirre, I. & V. Conzonno, 1995. Medición de la productividad primaria fitoplanctónica. pp. 259 - 262. En: Lopretto E. y G. Tell (eds.) Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur, La Plata.
- Jeppesen, E., 1998. The ecology of shallow lakes- trophic interactions in the pelagial. DSc. dissertation. Nat. Environ. Research Institute. Silkeborg, Denmark. NERI Technical Report 247. 420 pp.
- Jeppesen, E., P. Kristensen, J.P. Jensen, M. Søndergaard, E. Mortensen & T. Lauridsen, 1991. Recovery resilience following a reduction in external phosphorus loading of shallow, eutrophic Danish lakes: duration, regulation factors and methods for overcoming resilience. Mem. Ist. Ital. di Idrobiol. 48: 127-148.
- Jeppesen, E., J. Jensen, M. Søndergaard, T. Lauridsen & F. Landkildehus, 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in danish lakes: changes along a phosphorus gradient. Freshwater biology 45: 201-218.
- Joniak, T., R. Goldyn & A. Kozak, 2003. The primary production of phytoplankton in the restored Maltański Reservoir in Poland. Hydrobiologia 506 / 509: 311 – 316.
- José de Paggi, S., 1976. Distribución espacial y temporal del zooplancton de un cuerpo de agua eutrófico (Lago del Parque Gral. Belgrano, Santa Fe). Physis (B) 35 (91): 171-183.
- José de Paggi, S., 1980. Campaña limnológica “Keratella I” en el río Paraná medio: Zooplancton de ambientes lóticos. Ecología 4: 69-75.

- José de Paggi, S., 1983. Estudio sinóptico del zooplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del río Paraná: tramo Goya- Diamante (I Parte) . Rev. Asoc. Cien. Nat. Litoral 14 (2): 163-178.
- José de Paggi, S., 1984. Estudios limnológicos en una sección transversal del tramo medio del río Paraná. X: Distribución estacional del zooplancton. Rev. Asoc. Cien. Nat. del Litoral 15 (2): 135-155.
- Kalff, J., 2002. Limnology. Inland Water System. Prentice Hall. 592 pp.
- Korovchinsky, N. M., 1992. *Sididae y Holopedidae (Crustacea: Daphniiformes)*. Guides to Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. III. SPB Academic Publishing, The Hage, 82 pp.
- Koste, W., 1978. Rotatoria .Die Radertiere Mitteleuropas. Borntraeger, 673 pp.
- López-Archilla, A. I., D. Moreira., P. López-García & C. Guerrero, 2004. Phytoplakton diversity and cyanobacterial dominance in a hypereutrophic shallow lake with biologically produced alkaline pH. *Extremophiles* 8:109-115.
- Margalef. R., 1983. *Limnologia*. Ed. Omega. Barcelona.1010 pp.
- Neschuck , N., M. Claps & N. Gabellone, 2002. Planktonic rotifers of a saline- lowland river: the Salado River (Argentina). *Annales de limnologie* 38 (3): 191-198.
- Oduor, S. & M. Schagerl, 2007. Phytoplankton primary productivity characteristics in response to photosynthetically active radiation in three Kenyan Rift Valley saline - alkaline lakes. *Journal of plankton research*. 29(12):1041 – 1050.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, Assesment and Control. Final report. París 154 pags.
- Olivier, S.R., 1955. Contribution to the limnological knowledge of the Salada Grande lagoon. *Proceedings International Association of Limnology*, 12: 302-308.
- Olivier, S. R., 1961. Estudios limnológicos de la laguna Vitel (Pdo. de Chascomús-Buenos Aires-Argentina). *Agro* 6: 1-128.

- Paggi, J. C., 1980. Campaña limnológica "Keratella I" en el río Paraná medio (Argentina): Zooplancton de ambientes leníticos. *Ecología* 4: 77-88.
- Paggi, J. C., 1995. Cladocera. pp. 909 - 951. En: Lopretto E. y G. Tell (eds.). *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio*. Ediciones Sur, La Plata.
- Paggi, J. C., 1996. *Daphnia (Ctenodaphnia) menucoensis* (Anomopoda; Daphniidae) a new species from athalassic saline waters in Argentina. *Hydrobiologia* 319: 137-147.
- Paggi, J. C., 1998. Capítulo 50: "Cladocera" (Anomopoda y Ctenopoda). Pp. 507-518. In: S. Coscarón & J. J. Morrone (eds.), *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*. Ediciones Sur, La Plata.
- Paggi, J. C., 1997. *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Branchiopoda, Anomopoda) in South America: Another case of species introduction? *Crustaceana* 70 (8): 886 – 892.
- Pilati, A., 1997. Copépodos calanoideos de la provincia de La Pampa. *Rev. Fac. Agronomía UNLPam* 9 (2): 57-67.
- Pilati, A., 1999. Copépodos ciclopoideos en la provincia de La Pampa (Argentina). *Rev. Fac. Agronomía UNLPam* 10 (1): 29-44.
- Ponce De León, E., 1998. Evapotranspiración. Pp. 31- 42 En: *El agua en La Pampa*. Fundación Chadileuvú (eds.). Fondo Editorial Pampeano. 236 pp.
- Quirós, R., A. Rennella, M. Boveri, J. J. Rosso, & A. Sosnovsky, 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral* 12: 175-185.
- Reeder, B. & B. Binion, 2001. Comparison of methods to assess water column primary production in wetlands. *Ecological Engineering* 17: 445 – 449.
- Reid, J. W., 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Bolm. Zool., Univ. S. Paulo* 9: 17-143.

- Reigosa, M., P. Nuria & A. Sanchez, 2003. La ecofisiología vegetal. Ed. Paraninfo, Madrid. 1216 pp.
- Ringuelet, R. A., 1958. Los Crustáceos Copépodos de las aguas continentales de la República Argentina. Sinopsis sistemática. Contrib. Cient. Fac. Cs. Ex. Fis. y Nat. UBA, Zool., 1: 35 – 126.
- Ringuelet, R. A., 1962. Ecología acuática continental. Manuales EUDEBA, Buenos Aires , 138 pp.
- Ringuelet, R. A., 1972. Ecología y Biocenología del habitat lagunar o lago de tercer orden de la región neotrópica templada (Pampasia Sudoriental de la Argentina). Physis 31 (82): 55-76.
- Ringuelet, R. A., I. Moreno & E. Feldman, 1967. El zooplancton de las lagunas de la Pampa Deprimida y otras aguas superficiales de la llanura bonaerense (Argentina). Physis 27 (74): 187 – 200.
- Roberto, Z. E., G. Casagrande & E. F. Viglizzo, 1994. Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones. Centro Reg. La Pampa - San Luis, INTA. Publ. N° 12. 25 pp.
- Ruttner-Kolisko, A., 1974. Plankton rotifers; Biology and taxonomy. Die Binnengewässer 26 (1), Stuttgart, 246 pp.
- Scheffer, M., 1998. Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall, 357 pp.
- Scheffer, M., S. H. Hosper, M. L. Meijer, B. Moss & E. Jeppesen, 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. Trends Ecol. Evol. 8: 275-279.
- Segers, H., 1995. *Rotifera 2. The Lecanidae (Monogononta)*. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 6. (H.J. Dumont & T. Nogrady eds). SPB Academic Publishing BV., 226 pp.
- Smirnov, N. N., 1971. Chydoridae fauni mira. Fauna SSSR, Crustacea 1 (2): 1 - 531.
- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf, 1980. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Blume, 832 pp.

- Solari, L., M. Claps & N. Gabellone, 2002. River backwater- pond interactions in the lower basin of Salado River (Buenos Aires, Argentina). Arch. Hydrobiol. Suppl. 141/1-2, Large Rivers 13 (1/2): 1-21.
- Sosnovsky, A. & R. Quirós, 2003. El estado trófico de las pequeñas lagunas pampeanas (Argentina), su relación con la hidrología y la intensidad de uso de la tierra. III Taller Internacional de eutrofización de lagos y embalses. Chile. 32 pp.
- Streble, H. & D. Krauter, 1987. Atlas de los microorganismos de agua dulce. Ed. Omega, Barcelona. 357 pp.
- Vélez, C. & N. Maidana, 1995. Algae. pp. 379 - 440. En: Lopretto E. y G. Tell (eds.) Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur, La Plata.
- 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.C. Martín, 2007. El zooplancton de tres lagos someros de diferente salinidad y estado trófico en la región semiárida pampeana (Argentina). Gayana 71 (1): 34 – 48.
- Williams, W. D., 1981. Inland salt lakes: An introduction. Hydrobiologia 81: 1-140.
- Wondie, A., S. Mengistu, J. Vijverberg & E. Dejen, 2007. Seasonal variation in primary production of a large high altitude tropical lake (Lake Tana, Ethiopia): effects of nutrient availability and water transparency. Aquat. Ecol. 41: 195 – 207.
- Zar, J. H., 1996. Bioestatistical analysis. 3° Ed. Prentice may. 988 pp.