

2966

48860

**PROVINCIA DE SANTA CRUZ**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES (CFI)**

**"PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAPACIDAD DE CARGA Y  
PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE SALMÓNIDOS EN LAGOS DE LA  
PROVINCIA DE SANTA CRUZ"**

**INFORME FINAL**



AGOSTO, 2006

FERNANDO LUIS PEDROZO

## INDICE TEMATICO

Participantes .....	3
Resumen .....	4
Introducción .....	9
Objetivos .....	14
<b>Materiales Y Métodos.....</b>	<b>15</b>
Plan de Tareas y Cronograma.....	15
Reunión de Coordinación .....	16
Lagos y Bahías seleccionadas.....	17
Lago Buenos Aires, Bahía Palavicini .....	18
Lago Pueyrredón, B. Suyai y Mondelo .....	20
Lago Cardiel, Bahía Pescadores .....	23
Lago Argentino, Bahía De los Tres .....	24
Tareas de Campo .....	26
Criterios de Predicción y caracterización Trófica Utilizados .....	31
Modelos aplicados.....	31
Dillon y Rigler (1974) .....	31
Håkansson <i>et al.</i> (1988) .....	32
Estimación de las concentraciones de clorofila <b>a</b> .....	32
Criterios de determinación del estado trófico .....	34
Capacidad De Carga .....	34
Criterios De Tipificación De Sitios .....	35
Recopilación de la información sobre estado trófico de los lagos.....	39
<b>Resultados y Discusión ..</b>	<b>41</b>
Temperatura, oxígeno, salinidad y transparencia .....	41
Nutrientes ..	44
Fitoplancton .....	47
Fitoplancton y estado trófico.....	56
Fitoplancton de lagos de la Provincia de Santa Cruz .....	57
Estado trófico .....	62

Parámetros Morfométricos .....	67
Capacidad de Carga .....	76
Efectos de la acuicultura y acciones a realizar tendientes a su sustentabilidad y regulación .....	78
Conclusiones .....	81
Bibliografía .....	82
Anexos	
Localización de los sitios de muestreo .....	91
Composición físico-química del agua en los arroyos.....	94
Taller: Programa, Contenidos teóricos, participantes.....	95
Fotos de algas fitoplanctónicas .....	98

**Participantes****CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO BARILOCHE**

Monica M. Diaz  
Pedro Temporetti  
Gustavo Baffico  
Fernando Pedrozo

**SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACTIVIDADES PORTUARIAS**

Fernando Marcos  
Fabio Quinteros



## RESUMEN

Desde 1990, una actividad que ha estado creciendo en la región Andino-Patagónica, relacionada con el desarrollo económico de la zona, es la acuicultura intensiva por el sistema de jaulas flotantes en embalses (1000 Tn/año), concentrando en la actualidad la mayor producción del país. Las perspectivas para los próximos años son incrementar aún más esta producción, sustentados en las características oligotróficas de los diferentes cuerpos de agua de la zona. Este incremento en la producción se ha dado fundamentalmente en los embalses de la zona Norte de la Patagonia (principalmente embalse Alicura), previéndose en un futuro extenderlo a otros reservorios ubicados aguas abajo. La Provincia de Santa Cruz, también basado en los excelentes recursos acuáticos que posee, considera la potencialidad del recurso para aplicarlo a la producción ambientalmente sostenible. De esta manera, es de interés el poder establecer criterios de capacidad máxima de producción para cada ambiente en particular, de manera de poder mantener el recurso de forma sostenible minimizando el impacto producido por esta actividad.

De acuerdo a la temática expuesta, el presente proyecto tiene como **objetivo general** estimar los volúmenes de producción tolerables (capacidad de producción máxima) en bahías seleccionadas de lagos de la Provincia de Santa Cruz, compatibilizando una producción sostenible de salmónidos con la conservación de la calidad del agua. Para satisfacer dicho objetivo se establecieron los siguientes **objetivos específicos**:

- [1] a) recopilación de la información existente hasta la fecha de los estudios de calidad de aguas y biota.
- [3] b) determinación del estado trófico de los lagos a partir de la información existente y de la realización de un relevamiento en los cuerpos de agua en los meses de Marzo
- [2] } – Abril 2006, incluyendo el análisis cuali-cuantitativo de la comunidad fitoplanctónica y determinación de la tipología textural de sedimentos.
- c) determinar la contribución, en términos de transporte de nutrientes, de la acuicultura y de otras fuentes de nutrientes.

- [4] d) determinación de la producción potencial máxima sostenible de salmónidos en jaulas aplicando modelos que simultáneamente se basen en valores de conservación del estado trófico en el tiempo.

En el presente informe se incluye el estado trófico de las bahías de los Lagos Buenos Aires, Pueyrredón, Cardiel y Argentino. Se exponen los resultados de pH, conductividad, alcalinidad, transparencia, nutrientes, clorofila *a* y fitoplancton que caracterizan a cada uno de los ambientes. Se definen los estados tróficos como base de partida para un potencial manejo de los mismos a la producción ictícola. Se discuten los factores de control del estado trófico en relación con el concepto de factores limitantes y se comparan los valores de clorofila *a* determinados con los estimados a partir de las ecuaciones dadas por Quirós (1988) y Reynolds (1992). Se establecen los parámetros morfométricos y se postulan las producciones de salmónidos en jaulas para diferentes condiciones umbral nunca superiores a un estado oligotrófico de los cuerpos de agua.

Las Tareas realizadas fueron:

- I. *Recopilación de la información sobre estado trófico de los lagos*
- II. *Tareas de campo: caracterización limnológica.*
- III. *Análisis de laboratorio y Determinación del Estado trófico*
- IV. *Determinación de la Capacidad de Carga*
- V. *Taller de capacitación*

Los resultados indican que las bahías muestreadas de los Lagos Buenos Aires, Pueyrredón, Cardiel y Argentino, presentan un estado oligotrófico en términos de concentración de clorofila *a*. Sin embargo, en el caso de la Bahía Pescadores del Lago Cardiel, la presencia de altas concentraciones de fósforo indican un mayor trofismo, y la mayor representación de cianofitas, indica que este ambiente tenga una alta susceptibilidad a cambios tróficos. Las ecuaciones propuestas por Quirós (1988) pueden resultar de aplicabilidad a los ambientes andinos.

La Bahía Palavicini (Lago Buenos Aires) presenta un área extensa y una profundidad media importante pero mucha exposición; por otro lado, las Bahías del Lago Pueyrredón, Suyai y Mondelo, presentan una elevada profundidad media pero un área baja y mucha exposición. La Bahía de los Tres, en el extremo oriental norte del Lago Argentino, presenta la más baja exposición y un área comparativamente extensa, aunque posee una baja profundidad media. Se observa que las Bahías Suyai y Mondelo, a pesar de tener áreas pequeñas, poseen profundidades medias importantes y son las que tiene menor Fetch Efectivo haciéndolas, en este sentido, interesantes para la instalación de jaulas de cría. Similares resultados pueden observarse cuando se comparan las Bahías respecto del Área, la Pendiente y el Fetch Efectivo.

Los aportes de fósforo por vías naturales resultaron bajos en todas las bahías. Los aportes por escorrentía fueron la principal vía de entrada externa de fósforo variando entre 1.7 y 5.8 TnP/año, lo que representó entre el 91 y casi el 100 % de los aportes naturales de fósforo. Las cargas estimadas de fósforo aportadas por los afluentes a las diferentes bahías fueron, en promedio, de 0.24 TnP/año, mientras que la precipitación solo aporta entre 0.002 y 0.009 TnP/año.

A partir de los datos obtenidos (morfométricos y de cargas), se aplicó el modelo de predicción trófica propuesto por Dillon y Rigler (1974), para calcular la capacidad máxima de producción considerando cuatro concentraciones diferentes de clorofila *a* que, de acuerdo a diferentes autores, representan un estado trófico de cada bahía no superior al 52 % de Oligotrofia, 45 % de Mesotrofia y 3 % de Eutrofia.

Los resultados de las concentraciones de fósforo total y de clorofila *a* medidas en cada una de las bahías y la concentración de clorofila *a* estimada por el modelo utilizado comparadas con las medidas, presentaron un buen ajuste para las bahías Suyai, Mondelo y De los Tres. Esto es que la aplicación conjunta del modelo de Dillon y Rigler (1974) y las ecuaciones de Quirós predicen bien la concentración de clorofila *a* en estos ambientes. Para la Bahía Pallavicini el ajuste fue menor.

Las capacidades de producción calculadas variaron entre 67.8 y 319.0 Tn/año de peces para la bahía Pallavicini; 82.9 y 390.0 Tn/año de peces para la bahía

Suyai, 49.4 y 290.0 Tn/año de peces para la bahía Mondelo y 38.7 y 235.0 Tn/año de peces para la bahía De los Tres. Estas producciones calculadas generarán una carga de fósforo al sistema que variará entre 1.2 y 11.7 TnP/año según el criterio trófico final que se desee adoptar. Dichos aportes se contrastaron con aquellos que se esperan de un asentamiento humano equivalente, es decir las cargas de fósforo que se esperan de una población humana hipotética que no posea tratamiento de aguas servidas. Los números de habitantes oscilan entre 2055 y 16027 entre la situación de menor y la de mayor estado trófico. Por ejemplo, si se considera el caso del Lago Argentino, la carga máxima de P estimada por aporte de acuicultura corresponde a una población de 9589 habitantes (considerando una tasa de aportación de 2 gP por día y por habitante, Golterman y Kowe 1980). Este aporte de P si se alcanzara la producción máxima planteada es 50% inferior a la que actualmente se espera esté aportando la población de Calafate (aprox. 17000 habitantes).

La realización de estudios de factibilidad ambiental mediante la determinación de la capacidad potencial de carga de los lagos de la Provincia de Santa Cruz permitirá fijar los niveles óptimos de producción y conservar la calidad del agua. Alcanzar esta situación, favorecerá un desarrollo sostenido de la acuicultura evitando las consecuencias adversas observadas en países que experimentaron un rápido crecimiento de esta actividad.

La acuicultura en general, es una de las industrias que mas agua utiliza por unidad de producción. Actualmente existe variada información sobre las modificaciones ambientales y ecológicas derivadas de los cultivos de salmónidos. Entre los efectos derivados de la acuicultura con incidencia ambiental están aquellos relacionados con la acumulación de residuos sólidos, el uso de fármacos, la liberación de nutrientes en la columna de agua y la interacción con las poblaciones silvestres de la biota. Tales modificaciones dependerán del manejo específico de cada centro de producción, tasa de conversión alimento:pez, de la carga y tipo de vertidos al medio (dietas balanceadas, fármacos, desechos de faena, etc.) y de la sensibilidad de los cuerpos de agua receptores, la cual estará determinada por la morfometría, la tasa de renovación de agua, la dinámica de aguas, el tipo de fondo y de la biota presente, principalmente el fitoplancton. En este sentido y, también, como



cualquier otra industria genera un impacto ambiental que debe ser minimizado de manera de utilizar el recurso agua de manera racional y sustentable. Entre otros aspectos, deben tenerse en cuenta la sustentabilidad del recurso que la soporta (agua) y los aspectos productivos que es el fin que la actividad persigue.

Este trabajo también incluyó un Taller de Capacitación con personal de la SpyAP y SMA de Santa Cruz en el que se trasladaron y discutieron los métodos y resultados de este estudio. Asimismo, se discutieron los efectos ambientales que devienen de esta industria y la legislación conocida para el país.

## INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua continentales lénticos (lagos, lagunas, embalses) pueden clasificarse dentro de una escala que va desde ambientes improductivos a productivos según el contenido de nutrientes totales, materia orgánica, transparencia, biomasa fitoplanctónica (como clorofila *a*, densidad ó peso fresco) ó de macrófitas. Las **categorias tróficas** son: oligotrofia, mesotrofia y eutrofia, con situaciones extremas de ultra-oligotrofia o hipereutrofia.

Los ambientes acuáticos naturales expresan alguna de estas condiciones y son el reflejo de las características de la cuenca en la que están localizados. A modo de ejemplo se pueden adjudicar las siguientes categorías tróficas:

- Lagos Nahuel Huapi, Gutierrez, Mascardi: ultra-oligotrófico (Pedrozo et al., 1997)
- Embalses Piedra del Aguila y Mari Menuco: oligotrófico (Labollita y Pedrozo, 1997)
- Embalse Ramos Mexía: Mesotrófico (Labollita y Pedrozo, 1997)
- Lago Pellegrini: eutrófico (Conzono et al., 1981)
- Laguna Carrilauquen: eutrófico (Diaz y Pedrozo, 1996)
- Embalse San Roque: eutrófico (Catálogo de Lagos y Embalses de la Argentina)

Sin embargo las actividades humanas en la cuenca generan una presión sobre los medios acuáticos que promueve el cambio de las condiciones tróficas según el tipo de residuo y/o volcado de contaminante involucrado. En términos de **eutrofización** y a modo introductorio diremos que las fuentes de ingreso más importantes se relacionan con los nutrientes y la materia orgánica. Los nutrientes por cuanto la cantidad y el tipo de algas en un lago depende de la masa entrante anual (**Carga externa**, particulada y disuelta), de las proporciones de nitrógeno y fósforo (relación N:P) y del concepto de nutriente limitante y su biodisponibilidad. La materia orgánica en cuanto afecta los tenores de oxígeno disuelto principalmente en el estrato hipolimnético, el potencial de óxido reducción y, consecuentemente, condiciona la **Carga Interna**.

La carga externa de nutrientes puede dividirse en **puntual y difusa**. Está integrada por los aportes de los ríos afluentes, la lluvia y polvo atmosférico, la escorrentía superficial y subterránea, los aportes urbanos (vertidos cloacales), rurales (vg. Fertilizantes, pesticidas). Los nutrientes tienen una fracción particulada y una disuelta y la proporción relativa de cada una depende de la fuente de origen. En el caso del fósforo se reconocen tres formas: el total (PT), el disuelto (PTD) y el particulado (PTP). Del PTD su principal forma es el ortofosfato soluble ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), aunque por el método de determinación la forma habitual de nombrárselo es como Fósforo reactivo soluble (PRS), el cual constituye la mayor parte del PTD. Respecto al nitrógeno y dado que su distribución en la naturaleza incluye una importante fracción atmosférica, se presenta como nitrógeno total (NT), nitrógeno total disuelto (NTD) y nitrógeno total particulado (NTP). También en ese caso la proporción relativa de dichas fracciones depende de las fuentes de origen. El NTD está compuesto por el Nitrógeno inorgánico disuelto (sumatoria de nitratos, nitritos y amonio = NID) y el nitrógeno orgánico disuelto. Dentro del NID, son los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) las formas de mayor importancia para el crecimiento algal. La presencia relativa de uno u otro también es función de la fuente de origen.

La productividad del fitoplancton en lagos y embalses está controlada por varios factores que operan a nivel de cuenca (clima, hidrología, geología, transporte de nutrientes) y del cuerpo de agua en sí mismo (morfometría, tasa de renovación, régimen térmicos, concentración de nutrientes, estructura de la cadena trófica). Entre ellos cabe destacar el rol del P como nutriente primario en el control de la producción y biomasa algal, el cual constituye un dogma central en Limnología.

Los componentes básicos para el crecimiento algal son el carbono, el nitrógeno y el fósforo. La proporción relativa de cada uno en la materia viva algal ha sido definida como:

$$\text{C}=106 : \text{N}16 : \text{P}=1 \quad \textit{Relación de Redfield en base molar}$$

Conforme a este criterio y a la Ley del mínimo de Liebig, se postula que el **nutriente limitante** por excelencia es el fósforo. Este concepto está muy difundido y aceptado en la literatura mundial principalmente por la experiencia en el Hemisferio Norte en lagos templados. Sin embargo, y debido a los procesos metabólicos en

lagos de ubicación tropical y subtropical el nutriente limitante sería el nitrógeno. Hoy día existe abundante información del Hemisferio Sur tanto de Sudamérica, Australia y Africa que confirman la importancia del nitrógeno, incluso en ambientes templados de Sud América. Valores por encima de 16:1 sugieren limitación por fósforo y por debajo el limitante es el nitrógeno.

Se reconoce que la concentración de clorofila *a* en un lago es una función de la concentración de [PT] en el lago, y la [PT] es una función de la carga externa (LPT). Estas relaciones han sido descritas por diferentes autores como Vollenweider (1969), Dillon y Rigler (1974), Quirós (1988), OECD (1982), para diferentes regiones del planeta. Quirós (1988) resume la información para 103 cuerpos de agua argentinos.

Los estudios de *estimación trófica* de lagos y embalses contemplan dos pasos: primero un submodelo para estimar la concentración de PT y el segundo un submodelo para estimar la concentración de clorofila. Ambas situaciones consideran: el estado trófico inicial del cuerpo de agua y el agregado de una fuente suplementaria de nutrientes. Esta última es por la incorporación de una nueva actividad antrópica y su magnitud será una decisión a consensuar según el estado trófico al que se quiera desplazar el ambiente. Este es un aspecto que genera conflictos por la superposición de intereses y/o de jurisdicciones.

Toda actividad generada por el hombre produce una alteración en el medio ambiente. Los cuerpos de agua que sustentan el crecimiento de las sociedades, por tanto, recibieron y reciben un impacto cada vez mayor, alterando su condición original. Esta alteración, produce contaminación, la cual esta en relación con los usos a los cuales son sometidos esos cuerpos de agua (Kirchner, 1979).

El Grupo de Estudios en Calidad de Aguas y Recursos Acuáticos del CRUB-UNC ha relevado numerosos lagos y embalses de Patagonia en los últimos 20 años. Los cuerpos de agua estudiados abarcan un amplio espectro en la geografía patagónica: 1) desde muy profundos, ultraoligotróficos, andinos, neutros, 2) pasando por los someros, hipersalinos, de meseta, alcalinos, eutróficos 3) hasta, probablemente un caso único en Sudamérica, el Lago Caviahue, extremadamente

ácido (pH=2), alto contenido de nutrientes, oligotrófico y de muy baja diversidad específica. Desde el punto de vista aplicado hemos estudiado, entre otros (Nahuel Huapi, Lolog, Chocón, etc) específicamente el caso del Embalse de Alicura (Proy STD 3 1992-1996 Unión Europea) sobre la capacidad de carga y estado trófico en relación con la producción intensiva de salmónidos.

Los usos más frecuentes de los cuerpos de agua de nuestra región son como fuente de agua potable, uso recreacional, riego, energía eléctrica, etc. Estas actividades generan una amplia variedad de contaminantes que son aportados a los cuerpos de agua por diversas vías y que son importantes por los efectos que estos pueden tener sobre el ambiente acuático y sobre el hombre.

Entre las principales industrias de la Patagonia se encuentran la petrolera, la minería, la lanera y la turística. Otra industria potencial, la acuicultura, emerge como una alternativa de diversificación económica basada principalmente en las óptimas características tróficas de los cuerpos de agua de esta región. En este sentido gobiernos provinciales, tales como los de Río Negro, Neuquén y Santa Cruz han promovido o están promoviendo el uso de los lagos regionales para la producción intensiva de salmónidos. Se hace entonces necesario establecer criterios máximos de producción de manera de realizar un desarrollo sustentable de la actividad acuícola.

La producción intensiva de salmónidos por el sistema de jaulas flotantes se ha expandido en la región Andino-Patagónica desde 1990, sustentada fundamentalmente sobre la base de la calidad del agua sobre los que se desarrolla esta actividad y concentrando en la actualidad la mayor producción del país por el sistema de jaulas flotantes (aprox 1000 Tn/año). Las perspectivas para los próximos años son incrementar aún mas esta producción, bajo el marco regulatorio de leyes provinciales (Ley de Acuicultura de Chubut; Ley de Acuicultura de Neuquén, Ley de Acuicultura de Río Negro).

La voluntad de los diferentes estamentos sociales involucrados en la industria acuícola (productores, legisladores, investigadores, personal técnico, delegaciones oficiales, etc.) ha quedado manifestada acordando establecer criterios de

producción que permitan mantener la calidad del medio ambiente ("Taller sobre Legislación en Acuicultura", Dirección General de Pesca de Río Negro, San Carlos de Bariloche, Septiembre de 1992; Reunión Técnica sobre "Desarrollo de la Acuicultura", Centro de Ecología Aplicada de Neuquén, Junín de los Andes, Octubre de 1992). A nivel de la Provincia del Neuquén se han realizado estimaciones de la capacidad de carga total en sus embalses, las cuales fueron estimadas en 20000 a 30000 Ton/año (Proyecto de Ley de Acuicultura del Neuquén), lo que habla del potencial en los cuerpos de agua patagónicos.

Actualmente existe variada información sobre las modificaciones ambientales y ecológicas derivadas de los cultivos de salmónidos (Beveridge, 1986; Ervik *et al.*, 1985; Enell, 1987; Weismann *et al.*, 1988; Hakanson *et al.*, 1988; Makinen, 1991; Holby, 1991; Eikebrokk *et al.*, 1991; Ervik, 1992). Entre los efectos derivados de la acuicultura con incidencia ambiental están aquellos relacionados con la acumulación de residuos sólidos, el uso de fármacos y la liberación de nutrientes en la columna de agua. Tales modificaciones dependerán del manejo específico de cada centro de producción, de la carga y tipo de vertidos al medio (dietas balanceadas, fármacos, desechos de faena, etc.) y de la sensibilidad de los cuerpos de agua receptores, la cual estará determinada por la morfometría, la tasa de renovación de agua, la dinámica de aguas, el tipo de fondo y de la biota presente, principalmente el fitoplancton.

La realización de estudios de factibilidad ambiental mediante la determinación de la capacidad potencial de carga de los lagos de la Provincia de Santa Cruz permitirá fijar los niveles óptimos de producción y conservar la calidad del agua. Alcanzar esta situación, favorecerá un desarrollo sostenido de la acuicultura evitando las consecuencias adversas observadas en países que experimentaron un rápido crecimiento de esta actividad (López & Buschmann, 1991; Retamal & Salamanca, 1992; Phillips *et al.*, 1985; Phillips, 1987; Ervik *et al.*, 1985; Ackefors & Södergren, 1985; Ackefors, 1986; Enell, 1987; Hakanson *et al.*, 1988; Makinen, 1991; Holby, 1991). Esto motivó un crecimiento socio-económico favorable pero algunos años después de instalados los centros productivos comenzaron a visualizarse efectos puntuales que alteraron la calidad ambiental (anoxia hipolimnética, emanaciones de sulfhídrico, blooms algales, etc.) generando

problemas agudos y/o crónicos en los organismos cultivados (pérdida de apetito, susceptibilidad a enfermedades, asfixia, etc.) (Woodward, 1989).

La utilización de herramientas de predicción, tales como los modelos de estimación trófica, son ampliamente conocidos y existe numerosa bibliografía al respecto (Dillon & Rigler, 1974; OECD, 1982; Håkanson et al., 1988; Korzeniewski, 1988). Estos modelos son denominados comúnmente como modelos de balance de masas y se aplican sobre el lago como un todo o a un sector delimitado (por ej. Bahías), contemplando parámetros para las entradas, salidas y los procesos de sedimentación (del N y/o el P en el fondo del lago) (Håkanson y Peters, 1995).

Modelos tales como los de Dillon & Rigler (1974), Korzeniewski (1988) y Hakanson (1988), de transporte de nutrientes, predicen las concentraciones de fósforo esperadas para un determinado cuerpo de agua. La base de datos empleadas para la elaboración de estos modelos, abarcó un amplio espectro de cuerpos de agua tanto naturales como artificiales.

### **Objetivos**

De acuerdo a la problemática expuesta, el presente proyecto tiene como **objetivo general** *estimar los volúmenes de producción tolerables (capacidad de producción máxima) en bahías seleccionadas de lagos de la Provincia de Santa Cruz, compatibilizando una producción sostenible de salmónidos con la conservación de la calidad del agua.* Para satisfacer dicho objetivo se establecen los siguientes **objetivos específicos** para los cuerpos de agua seleccionados:

- a) recopilación de la información existente hasta la fecha de los estudios de calidad de aguas y biota.
- b) determinación del estado trófico de los lagos a partir de la información existente y de la realización de muestreos de verano en los cuerpos de agua, análisis cuali-cuantitativo de la comunidad fitoplanctónica y determinación de la tipología textural de sedimentos.
- c) determinar la contribución, en términos de transporte de nutrientes, de la acuicultura y de otras fuentes de nutrientes.

d) determinación de la producción potencial máxima sostenible de salmónidos en jaulas aplicando modelos que simultáneamente se basen en valores de conservación del estado trófico en el tiempo.

## MATERIALES Y METODOS

### Plan de Tareas

- I. *Recopilación de la información sobre estado trófico de los lagos*
- II. *Tareas de campo*
- III. *Análisis de laboratorio y Determinación del Estado trófico*
- IV. *Determinación de la Capacidad de Carga*
- V. *Taller de capacitación*

### Cronograma

Actividad Mensual	1	2	3	4	5	6
I. Recopilación información	-----					
II. Tareas de campo		-----				
III. Tareas de laboratorio y Det.Estado Trófico			-----			
IV. Capacidad de Carga				-----		
V. Taller de capacitación						-----
-						
			<b>IA</b>		<b>IP</b>	<b>IF</b>



## **Reunión de coordinación en la SPAP**

Se llevó a cabo entre el 28 de Febrero y el 3 de Marzo de 2006.

En esta ocasión viajó el Dr. F. Pedrozo a la SPAP en Río Gallegos con motivo de coordinar el viaje de campaña. En tal sentido los puntos destacados sobre los que se trabajó fueron:

Definición y acuerdo sobre el cronograma de trabajos. El mismo se estableció conforme a la cantidad de bahías (por lago) requeridas por el estudio, la accesibilidad y posibilidades y modos de estadía en cada una.

Se definieron y confirmaron los sitios de trabajo mediante cartografía específica y aquella descargada de internet.

Se evaluaron para cada sitio la infraestructura prevista, apoyatura eventual por los residentes, inclemencias y eventualidades climáticas. Accesos por los caminos o huellas. Tiempos de recorrido entre localidades habitadas o no, con acceso a servicios o sin ellos.

Se evaluaron la disponibilidad de equipos de trabajo para la colección de muestras o determinaciones a campo de variables físico-químicas.

Se realizó una reunión con la Subsecretaria del sector, Lic. Liliana Sioli, con quién se discutió sobre la importancia que puede tener desarrollar una actividad productiva alternativa como la que evalúa este estudio. Se destacó la importancia de que este tipo de estudios la SPAP lo encare previo al desarrollo de la actividad, lo cual le confiere una gran importancia para la correcta valoración ambiental futura.

Lagos y sus bahías seleccionadas:

**Lago Buenos Aires**

Bahía Ing. Pallavicini (Fig. 1)

[http://maps.google.com/maps?ll=-](http://maps.google.com/maps?ll=-46.344084,71.612320&spn=0.214347,0.444878&t=k&hl=en)

[46.344084,71.612320&spn=0.214347,0.444878&t=k&hl=en](http://maps.google.com/maps?ll=-46.344084,71.612320&spn=0.214347,0.444878&t=k&hl=en)

**Lago Pueyrredón**

Bahía Suyai (Fig. 2)

Bahía Mondelo (Fig. 3)

[http://maps.google.com/maps?ll=-47.407644,-](http://maps.google.com/maps?ll=-47.407644,-71.914787&spn=0.105071,0.222439&t=k&hl=en)

[71.914787&spn=0.105071,0.222439&t=k&hl=en](http://maps.google.com/maps?ll=-47.407644,-71.914787&spn=0.105071,0.222439&t=k&hl=en)

**Lago Cardiel (Fig. 4)**

Bahía Pescadores

[http://maps.google.com/maps?ll=-48.825853,-](http://maps.google.com/maps?ll=-48.825853,-71.181793&spn=0.053144,0.109915&t=k&hl=en)

[71.181793&spn=0.053144,0.109915&t=k&hl=en](http://maps.google.com/maps?ll=-48.825853,-71.181793&spn=0.053144,0.109915&t=k&hl=en)

**Lago Argentino (Fig. 5)**

Bahía de los Tres (también llamada Bahía Cabecera)

[http://maps.google.com/maps?ll=-50.201517,-](http://maps.google.com/maps?ll=-50.201517,-72.055206&spn=0.198748,0.444878&t=k&hl=en)

[72.055206&spn=0.198748,0.444878&t=k&hl=en](http://maps.google.com/maps?ll=-50.201517,-72.055206&spn=0.198748,0.444878&t=k&hl=en)

**La cuenca del lago Buenos Aires** (Sarafian, 2005) se ubica en el Dpto. de Lago Buenos Aires entre los paralelos 46°12'y 47°02' de latitud sur y los meridianos 70°57'y 71°58' de longitud oeste, con una superficie aproximada de 4.083 Km<sup>2</sup>. Se encuentra delimitada al oeste por diversos cerros (ver detalle en Sarafian, 2005) y al norte y nordeste por morenas terminales y el Cerro Teta (1.784m). El lago Buenos Aires es el cuerpo de agua de mayor tamaño compartido con Chile, es de vertiente hacia el Océano Pacífico. El clima es frío nival, moderado por la acción reguladora de los lagos que disminuyen las temperaturas mínimas. La temperatura media anual alcanza a 11° C siendo la mínima promedio 1,7° C y la máxima promedio 13, 4° C. Las precipitaciones anuales son menores a 200 mm en la localidad de Perito Moreno y 250 mm en Los Antiguos. El Lago Buenos Aires ocupa una superficie de 170 Km de largo por 20 Km de ancho que abarca dentro de nuestro territorio una superficie de 841 km<sup>2</sup>. Los arroyos Pallacivini y Victoria, que descienden del Cerro Teta, alcanzan al lago por el sector norte aportándole aguas de deshielo en ocasiones de manera torrencial. Por el extremo oriental confluye el río Fénix Chico. El Censo de 1991 arroja una cifra de 4.974 habitantes y de 6.223 para el 2001, siendo las principales localidades de dichos departamentos Los Antiguos y Perito Moreno.

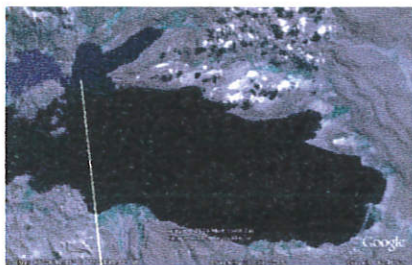


Fig. 1: Lago Buenos Aires, Bahía Palavicini

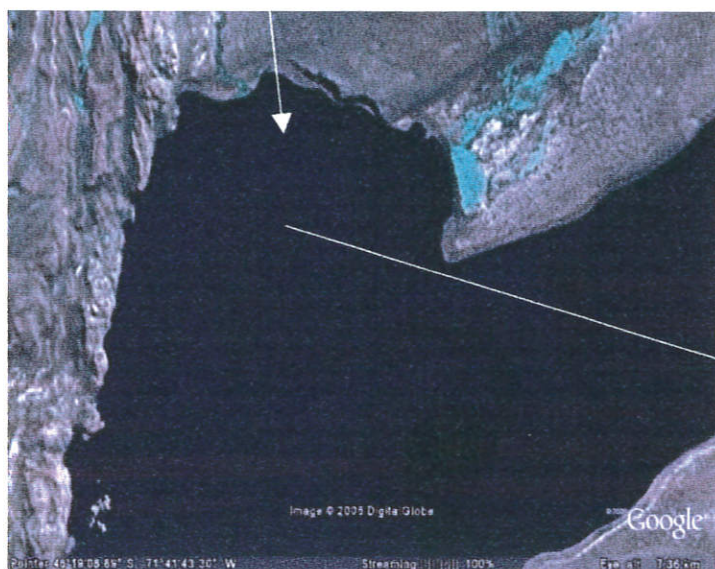
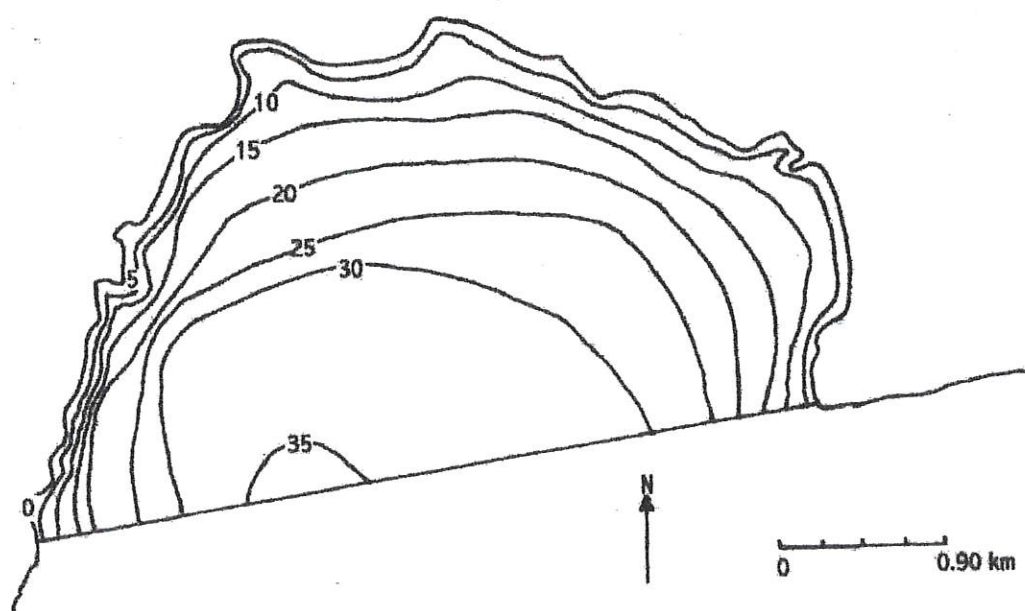


Foto: Gustavo Baffico

Mapa Batimétrico Bahía Palavicini



**La cuenca del lago Pueyrredón** (Sarafian, 2005) se desarrolla entre los paralelos 47°13' y 47° 44' de latitud sur y los meridianos 71°37' y 72° 21' de longitud oeste en el Departamento de Río Chico con un área aproximada de 1.822,7 Km<sup>2</sup>. Se puede dividir a la cuenca en dos sectores, el primero está ubicado al oeste, con amplia presencia de cumbres cubiertas de nieve y hielo y con valles ensanchados y cubetas lacustres producto de la glaciación del Pleistoceno. El segundo está ubicado al este, presenta áreas de menor altura con formas características con depósitos morénicos y acciones erosivas fluvio-glaciales. El clima está también al igual que la cuenca del Lago Buenos Aires influido por el Anticiclón del Pacífico Sur con precipitaciones que alcanzan los 500 mm en el valle del río Oro y que disminuyen hasta los 200 mm al este. La temperatura media anual es de 7°C a 8°C, la media para el mes de julio varía entre 0 y 1°C y aumenta en el mes de enero. Los lagos Posadas y Pueyrredón conforman una depresión lacustre orientada en dirección sudeste-noroeste, que recibe aportes predominantemente del sector cordillerano. El segundo continúa en territorio chileno y recibe el nombre de Lago Cochrane. Un delgado depósito morénico frontal separa ambos lagos, y un canal de comunicación entre ellos permite el desagüe del Posadas. El Lago Posadas recibe los aportes que drenan las mesetas altas ubicadas al sur de la cuenca, los dos tributarios de importancia son el río Tarde y el río Furioso. El río Furioso, con nacientes en los faldeos orientales del cerro San Lorenzo y Cerro Belgrano es el tributario más destacado. Es de régimen nival y escurre sobre un valle angosto, con fuerte pendiente y gran capacidad de acarreo. Forma un extenso abanico aluvial en su desembocadura en la costa oeste del lago, y de gran capacidad erosiva. El Lago Pueyrredón, si bien recibe aportes provenientes de ambas laderas, sólo son significativas las del sector occidental cordillerano. El río Oro, es otro de los tributarios del Lago Pueyrredón y recibe en sus nacientes aportes de una de las lenguas glaciales del Cerro San Lorenzo. Escurre en dirección este, sobre un valle fluvio-glacial, sobre un lecho de gravas y rodados. En el área de influencia de las bahías estudiadas se encuentra localizada la Estancia Suyai y un camping que en conjunto reciben una afluencia turística de 700 personas por temporada. Los asentamientos estables son de pocos habitantes y hay un destacamento de Gendarmería.



Fig. 2: Lago Pueyrredón, Bahía Suyai



Foto: Pedro Temporetti

Mapa Batimétrico Bahía Suyai

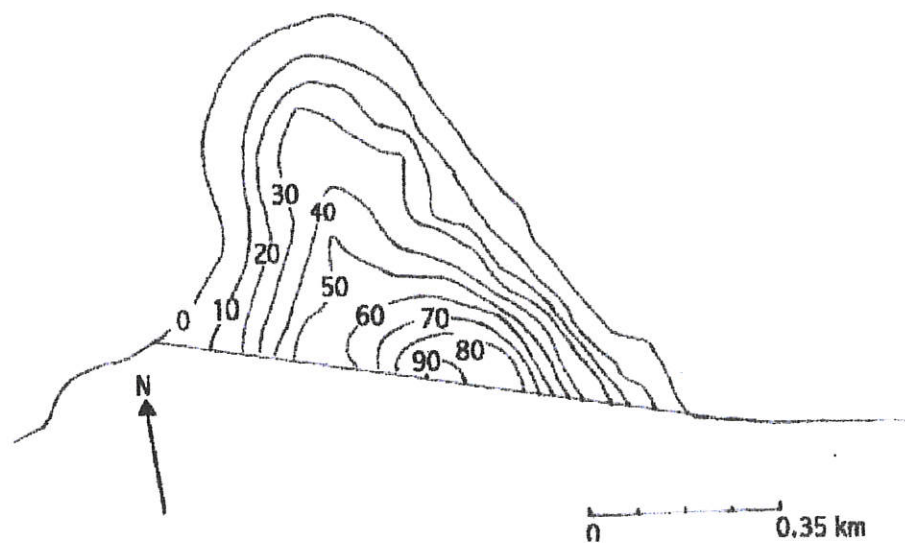




Fig. 3: Lago Pueyrredón, Bahía Mondelo

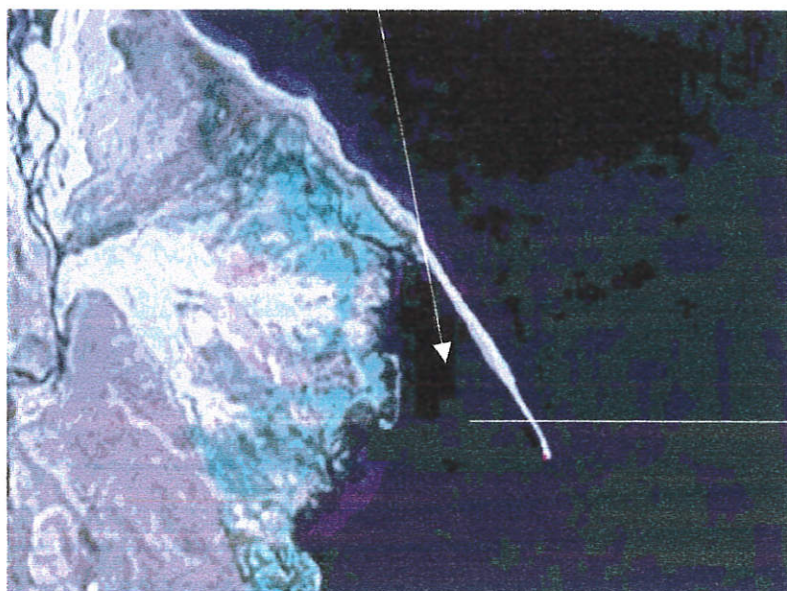
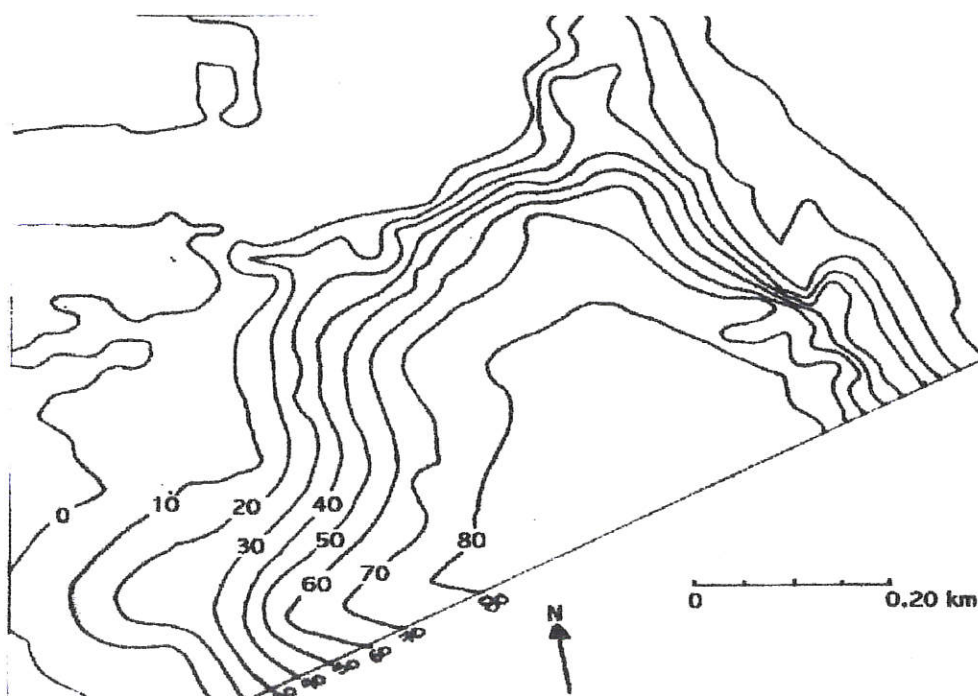


Foto: Gustavo Baffico

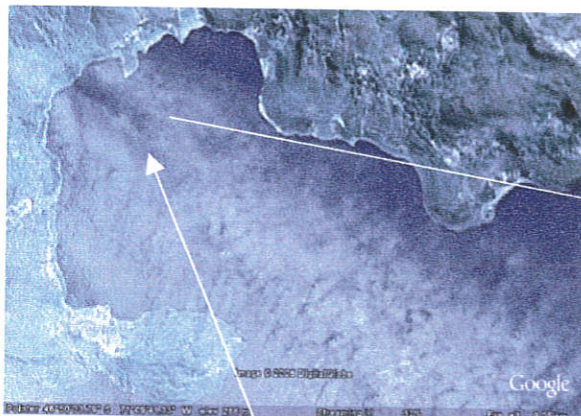
Mapa Batimétrico Bahía Mondelo



**El Lago Cardiel** de acuerdo a las descripciones de Pascual et al. (2001) se encuentra situado en la estepa patagónica de Santa Cruz (48°57'S, 71°13'O, 300 msnm) a 75 km de la localidad de Gobernador Gregores. Se trata de una cuenca cerrada, con una superficie de 460 Km<sup>2</sup>, una extensión de costa de 120 km y una profundidad promedio de 49.1 m (Quirós et al, 1983, 1988). El río Cardiel es el único afluente, el que a su vez recibe las aguas de los ríos Rabón o Infantes. La temperatura media anual de la región es de 5.5°C, mientras que las precipitaciones medias anuales alcanzan los 200 mm. La temperatura del agua oscila entre los 5°C y 15°C sin estratificación vertical debido a que el agua es agitada por los fuertes y frecuentes vientos predominantes del cuadrante SO-O. Las aguas del lago son de origen pluvio-glacial por lo que adquieren un color lechoso, ocasionalmente con tintes verdosos. En el área de la Bahía Pescadores se hallan emplazadas instalaciones de pescadores que explotan el recurso íctico. Las características físicas, químicas y batimétricas fueron relevadas por Pellanda y Fernandez (2001).

Fig. 4: Lago Cardiel, Bahía de los Pescadores

Foto: Gustavo Baffico





**La cuenca del lago Argentino** comprende tres unidades: Cordillera principal o región andina, Región preandina, Región subandina. De estas, sólo las regiones andina y preandina se encuentran representadas en el Parque Nacional. El límite entre ambas zonas corre por el Brazo Sur del Lago Argentino, siguiendo por el canal de los Témpanos, canal Spegazzini, Bahía Cristina y luego por el valle que desciende desde el Cerro Norte hasta la Bahía Cristina.

El clima en el Parque Nacional Los Glaciares es templado, lluvioso, sin estación seca definida pero con menor precipitación en verano. Las precipitaciones aumentan hacia el oeste, registrándose un declive importante, desde 500 mm en el límite oriental del Parque, hasta aproximadamente 900 mm en la cordillera (aunque existen registros anuales de más de 2000 mm en algunos sectores occidentales). Las precipitaciones están distribuidas casi homogéneamente durante el año, observándose un máximo a fines de otoño (abril-mayo). Durante el invierno la precipitación es predominantemente nival, pero debido a su escasez no se produce una gran acumulación de nieve. Predominan los vientos del oeste y suroeste. Durante el verano es mayor la frecuencia e intensidad de los vientos. La temperatura media anual es de 7,5°C, mientras que la media del mes de julio es de alrededor de 0,6°C y la de enero de 13,4°C. El Lago Argentino se encuentra emplazado en la Provincia de Santa Cruz entre los 50°-50°40'Sur y los 72°-73°30'Oeste. Ocupa una superficie de aproximadamente 140000 Ha y se halla a 185 m snm. Su mayor extensión, desde su extremo oriental hasta el fondo del Brazo Sur, es de unos 125 Km con un ancho máximo de 20 Km. Morfológicamente puede dividirse en dos secciones determinadas por la punta oriental de la Península Avellaneda. La Sección Occidental se caracteriza por estar rodeada de cerros de más de 2500 m de altura, por la presencia de dos brazos lacustres donde llegan las lenguas glaciarias. La sección Oriental presenta características de los lagos terminales andinos, es decir en forma de cubeta extendida en un ancho lecho y contornos costeros regulares, circundados de altiplanicies escalonadas. La ciudad de El Calafate es la más importante con una población estable de alrededor de 17000 habitantes.

Fig. 5: Lago Argentino, Bahía de los Tres

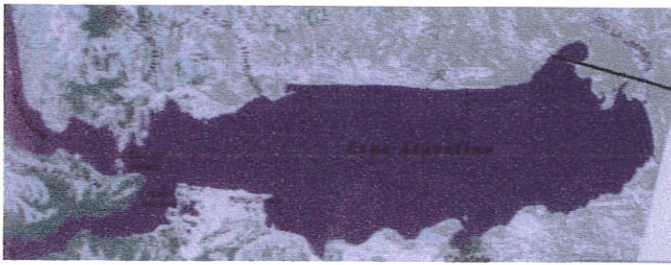
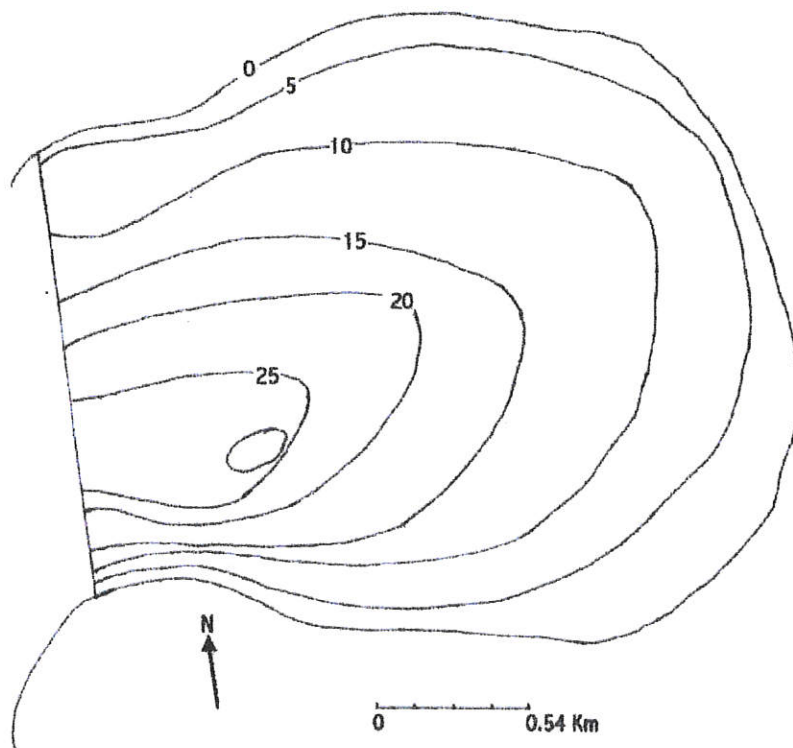


Foto: Fernando Pedrozo

Mapa Batimétrico Bahía De los Tres



### **Tareas de campo**

Los lagos se muestrearon en las bahías arriba mencionadas. En todas las estaciones de muestreo correspondientes de las bahías se colectaron muestras en dos zonas del área limnética, en superficie y en fondo. Para el caso de la Bahía Los tres (Lago Argentino) se colectó una tercer muestra a pedido de la SPAP. En el caso de los tributarios, las muestras se colectaron en forma subsuperficial, conforme la sección de cada uno y en las zonas más cercanas accesibles a las bahías y de sección adecuada para la medición de caudal.

Las mediciones de caudal se realizaron en el sector del río con cauce mas definido. Se definió una transecta entre cada margen, la cual fue medida con cinta métrica. La profundidad de la sección se midió a intervalos iguales desde la margen de inicio, y para cada profundidad se midió la velocidad de corriente con un correntómetro Swoffer 3000-1514 en el caso del Río de Oro y con un flujómetro digital para los arroyos de la Bahía Palavicini. Los sitios de muestreo se identificaron con GPS y se estableció la profundidad de los sitios y los perfiles batimétricos con una ecosonda Humminbird 100SX (foto pág. siguiente).

### **Aguas**

Se midieron *In situ* los siguientes parámetros: Temperatura (Termómetro digital), Transparencia (disco de Secchi, solo en lagos), pH (pHmetro Orion 265) y conductividad (conductímetro Orion 135), ambos equipos con compensación automática de temperatura; el oxígeno se midió con oxímetro Orion 835.

Las muestras de agua se obtuvieron de la superficie y del fondo utilizando una botella Van Dorn de 3 litros. Una fracción de la muestra fue almacenada sin filtrar para la determinación de los nutrientes totales, Nitrógeno total (NT) y Fósforo total (PT), mientras que otra fue filtrada *in situ* a través de filtros de membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  de poro para la determinación de la fracción disuelta de los nutrientes (nitratos+nitritos =  $\text{NNO}_3+\text{NNO}_2$ , amonio =  $\text{NNH}_4$ , fósforo reactivo soluble = PRS). Para el caso de los tributarios, las muestras se colectaron en forma subsuperficial, conforme la sección de cada uno y en las zonas más cercanas accesibles a las bahías y de sección adecuada para la medición de caudal. Las muestras fueron

almacenadas en frascos plásticos, en frío y oscuridad hasta la realización de los análisis en el laboratorio del CRUB.

Las muestras de clorofila *a*, fueron extraídas con botella Van Dorn (Foto), de



botella Van Dorn



Ecosondeo

la superficie y fondo de cada cuerpo de agua. Se filtraron a campo a través de filtros de fibra de vidrio de 1,2  $\mu\text{m}$  de poro en oscuridad; el filtro fue envuelto en papel de aluminio y conservado en nitrógeno líquido hasta su posterior análisis en el laboratorio del CRUB.

Los sólidos suspendidos fueron determinados sobre filtros de fibra de vidrio GF/F de 0.70  $\mu\text{m}$  de poro después de 48 hs de desecación en estufa a 105°C y en desecador de Sílica-gel (48 h) hasta peso constante. Entre 1 y 1,5 litros fueron filtrados; posteriormente los filtros fueron secados en estufa y pesados nuevamente (APHA, 1992). Tanto las muestras de agua como los filtros se conservaron, transportaron y almacenaron de acuerdo a normas standard (APHA, 1985).

### **Sedimentos**

Las muestras de sedimento fueron extraídas con draga tipo Ekman-Birge (Foto) de las diferentes estaciones de muestreo, las cuales coincidieron con los sitios en los que se colectaron las muestras de agua. Las mismas fueron almacenadas en bolsas plásticas en frío y oscuridad hasta su análisis en el laboratorio del CRUB.

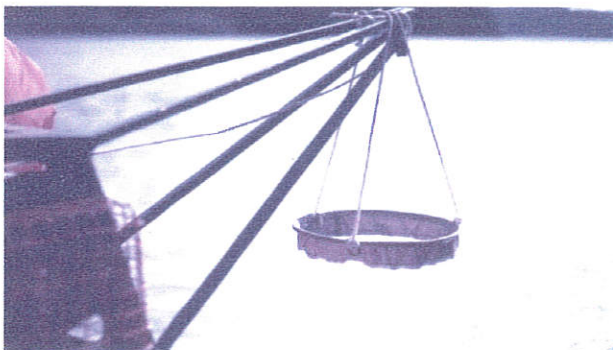
*In situ*, se midieron los siguientes parámetros: pH (phímetro) con compensación automática de temperatura y Potencial Redox (Eh) con electrodo específico (equipo Hanna HI8424).



Draga con sedimentos

### **Fitoplancton**

Se colectaron adicionalmente muestras cualitativas de fitoplancton con red de 10  $\mu\text{m}$  de poro, por arrastre desde la borda del bote. Luego se refiltró la muestra por malla de 55  $\mu\text{m}$  de poro para eliminar el zooplancton y evitar la predación de la microflora. En laboratorio de campo (foto ), se analizó la composición y abundancia relativa del fitoplancton vivo, procedimiento este que facilita la posterior valoración de las muestras cuantitativas antes descritas. Los individuos identificados fueron determinados taxonómicamente bajo microscopio binocular a 400 X. Se procedió a fotografiar los mismos con cámara digital Kodak CX 6330 y Cannon A85.



Red de plancton



Examen microscópico en laboratorio de campo

En el caso de la Bahía Suyai del Lago Pueyrredon se consultó sobre la afluencia turística y se identificó la presencia de burbujas de eventual procedencia de aguas de deshecho que ingresan directamente a la bahía. Adicionalmente a la propuesta original, se decidió realizar la valoración de la alcalinidad. Para ello se realizó el método de titulación controlado con pHmetro y con agitación (APHA, 1992).

## **En laboratorio**

### **Aguas**

La alcalinidad fue determinada titulando la muestra de agua con una solución de ácido clorhídrico valorada previamente. Los puntos finales de la titulación fueron a pH 4,5 para la determinación de bicarbonatos y pH 8,3 para los carbonatos. Las titulaciones se realizaron utilizando un pHímetro para determinar los puntos finales de las mismas (Wetzel y Likens, 1991).

Los nutrientes, fósforo total (PT), fósforo reactivo soluble (PRS), nitrógeno total (NT), nitrógeno de nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ), nitrógeno de nitritos ( $\text{N-NO}_2^-$ ) y nitrógeno de amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) y la clorofila a (Cl a) se analizaron dentro de la semana de finalizada la campaña. Todos los análisis químicos se realizaron siguiendo las recomendaciones propuestas en APHA (1992), Golterman *et al.*, (1978) y Grasshoff *et al.* (1983). El NT se determinó mediante una oxidación alcalina y posterior reducción a  $\text{N-NO}_2^-$  por columna de cadmio;  $\text{N-NO}_3^-$  por reducción a  $\text{N-NO}_2^-$  en columna de cadmio seguida de diazotización con naftil etilendiamina y sulfanilamida, el  $\text{N-NH}_4^+$  por el método del azul-indofenol, el nitrógeno inorgánico disuelto (NID) se consideró como la suma de  $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NH}_4^+$ . El PT se determinó luego de una digestión ácida con persulfato de potasio a  $120^\circ\text{C}$  y una atmósfera de presión, durante 2 hs seguida del análisis de PRS; éste, se valoró por reducción del complejo fosfomolibdico con ácido ascórbico. La relación N/P se calculó a partir de las concentraciones de NT y PT. La Clorofila a se determinó mediante extracción con acetona al 90 % y espectrofotometría, calculando las concentraciones utilizando las ecuaciones propuestas por APHA (1992).

### **Sedimentos**

Los sedimentos fueron secados en estufa a 60° C y tamizados a través de un tamiz de 2 mm de malla para eliminar la fracción gruesa menos reactiva. Una fracción de los sedimento seco, fue destinada para el análisis granulométrico, utilizando la metodología del densímetro y siguiendo las recomendaciones propuestas por Forsythe (1985).

### **Fitoplancton**

Las muestras de fitoplancton cuantitativo fueron contadas en un microscopio invertido Hydrobios (Utermöhl, 1958) con un aumento de 400 X. La densidad celular fue contada por campos hasta 100 células en cada muestra (error máximo: 20 %) y luego transformada a biomasa como biovolumen. Con respecto al volumen celular algal, dimensiones adecuadas fueron estimadas para diez especímenes de cada especie y luego expresadas como peso algal fresco de acuerdo a la metodología propuesta por Wetzel y Likens (1991) y Goldman (1978). Las especies fueron taxonómicamente identificadas bajo microscopio óptico Olympus BX30 a 1000 X. Se consultó la siguiente bibliografía específica: Fott (1972), Huber-Pestalozzi (1961), Hustedt (1942), Krammer y Lange-Bertalot (1991), Komarek y Fott (1983), y Tell y Conforti (1987).

### **Criterios de Predicción y caracterización Trófica Utilizados**

#### **Criterios de predicción trófica**

La utilización de herramientas de predicción, tales como los modelos de predicción trófica son ampliamente conocidos y existe numerosa bibliografía al respecto (Dillon & Rigler, 1974; OECD, 1982; Håkansson, 1988). Modelos tales como los de Dillon & Rigler, son modelos simples de transporte de nutrientes que predicen las concentraciones de fósforo esperadas para un determinado cuerpo de agua. La base de datos empleadas para la elaboración de estos modelos, abarcó un amplio espectro de cuerpos de agua tanto naturales como artificiales; en tanto que el modelo de Håkansson, se elaboró específicamente para evaluar el impacto de las pisciculturas, pero en ambientes marinos costeros.

Para la concentración de PT en el cuerpo de agua receptor, se acepta que la misma es directamente proporcional al aporte de P desde la cuenca, corregido por un factor de retención, e inversamente proporcional a la profundidad media y a la renovación del agua. Más abajo se dan las ecuaciones que los relacionan. La Carga de nutriente se entiende como el aporte específico anual de diversas fuentes. Las cargas de nutrientes aportadas por los afluentes y exportada por el efluente se calculan como el producto de la descarga por la concentración de PT para cada fecha de muestreo y se integra a una base anual. Las cargas de nutrientes aportadas por precipitación se calculan extrapolando la masa colectada en colectores de lluvia, al área total de cada ambiente. Los aportes por escorrentía se estiman multiplicando el área total de la cuenca de cada ambiente estudiado por un factor (por ej. de 0.01 gP/m<sup>2</sup>/año, Rast & Lee, 1983). Las cargas de fósforo aportadas por las pisciculturas se estiman considerando: la producción del establecimiento; un tasa de conversión de alimento-pezu de, por ejemplo, 1.5:1 (ó la informada por el productor); un porcentaje promedio de fósforo en los alimentos balanceados utilizados en la región del 2.0 % (Temporetti, 1998) y un contenido de fósforo en los tejidos de los peces de 0.50 % (Temporetti, 1998).

### **MODELOS APLICADOS:**

#### **1) Dillon y Rigler (1974):**

$$[PT] = [PL \cdot (1-R)]/[Z \cdot \rho]$$

Donde

**PT** = Concentración de fósforo total estimada (mg m<sup>-3</sup>).

**PL** = Carga de fósforo (mg. m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>).

**Z** = Profundidad media (m).

**ρ** = Tasa de renovación del agua (año<sup>-1</sup>) = 1/Tw

**Tw**: Coeficiente de retención del agua.

**R** = Coeficiente de retención de fósforo calculado como:

$$1 - [ PLo / PLi ]$$

$$PLo = Qo * PTo$$

$$PLi = Qo * PTi$$



$$R = 1 - \left[ \frac{Q_o * PTo}{Q_i * PTi} \right]$$

$Q_o$ : Caudal acum. anual de salida ( $m^3 \text{ seg}^{-1}$ )

$Q_i$ : Caudal acum. anual de entrada ( $m^3 \text{ seg}^{-1}$ )

$PTo$ : Concentración media de PT en el efluente

$PTi$ : Concentración media de PT en el afluente

Nota: Si existe un patrón estacional de creciente y estiaje debe estimarse el transporte de P para cada  $t=i$ , calcularse la masa transportada diaria e integrar a una base anual.

Donde:

$PLo$  ( $Kg \text{ año}^{-1}$ ) = Masa anual de PT transportada por el efluente.

$PLi$  ( $Kg \text{ año}^{-1}$ ) = Suma de los aportes (precipitación atmosférica, escorrentia, afluentes y el fósforo de las jaulas).

## 2) Håkansson *et al.* (1988):

$$[PT] = [LP + T * PTi] / T$$

Donde:

$PT$  = Concentración probable de fósforo total ( $mg \text{ m}^{-3}$ ).

$LP$  = Carga de fósforo aportada por piscicultura ( $mg \text{ día}^{-1}$ ).

$T$  = Flujo de agua ( $m^3 \text{ día}^{-1}$ ), calculado como:  $V/Tw$  donde:  $V$ = volumen de agua del ambiente ( $m^3$ ) y  $Tw$  = tiempo de retención del agua (días)

$PTi$  = Concentración media de fósforo total en el ambiente ( $mg \text{ m}^{-3}$ ).

## Estimación de las concentraciones de clorofila a

Las concentraciones de clorofila a para los ambientes muestreados se estimaron siguiendo las ecuaciones propuestas por:

**a) Quirós (1988):**

Este autor llevó a cabo un estudio sobre 103 lagos y embalses de la Argentina y encontró que la concentración de clorofila **a** se correlacionó con la concentración de diferentes parámetros de valoración trófica (Wetzel, 2001) pudiéndose entonces estimar la concentración de clorofila **a** de un ambiente determinado a partir de la concentración de PT, NT, transparencia (SDT), temperatura y profundidad media (ó combinaciones de ellas) a partir de las siguientes ecuaciones:

Ecuación para lagos patagónicos

$$\text{Ln [Cla]} = -2,5+1,29*\text{LN}(PT) \quad \text{eq. Q1}$$

Ecuación para 103 lagos argentinos

$$\text{Ln [Cla]} = -4,24+1,48*\text{LN}(TON) \quad \text{eq. Q2}$$

Ecuación para 80 lagos argentinos

$$\text{Ln [Cla]} = 2,79-1,46*\text{LN}(SDT) \quad \text{eq. Q.3}$$

**b) Reynolds (1992):**

Este autor centró su interés en desarrollar modelos simples que provean una guía estequiométrica sobre el funcionamiento metabólico de los sistemas acuáticos y su sensibilidad a los cambios de las cargas de nutrientes externos. La capacidad de sustento de cada uno de los recursos limitantes es calculada en base a la cantidad de carbono algal que puede ser generado a partir de los recursos aportados (biodisponibles). Las siguientes ecuaciones y relaciones fueron aplicadas en este informe:

$$1) \text{ [Cla]}_{\text{max}} = 0.585 \log [\text{BAP}]_v + 0.801 \quad \text{eq. R1}$$

Donde  $[\text{BAP}]_v$  = Fósforo biodisponible (PRS)

$$2) \text{ [Cla]}_{\text{max}} \text{ para el nitrógeno} \quad \text{eq. R2}$$

donde 8.3 mg de nitrógeno biodisponible pueden mantener una biomasa algal que contiene 1 mg de clorofila **a**

### Criterios de determinación del estado trófico

Los valores de clorofila *a* determinados se compararon con los estimados y se relacionaron con los restantes parámetros de estado trófico. A su vez los valores observados de clorofila *a*, transparencia, nutrientes totales y biomasa fitoplanctónica se contrastaron con aquellos dados por Vollenweider (1968), Wetzel (1981, 2001) y la OECD (1982) para realizar la categorización trófica de los lagos.

Tabla 1: Criterios de clasificación trófica tomada de la literatura específica

	Vollenweider (1968)			Wetzel (1975)		Wetzel (2001)			OECD (1982)	
	Secchi m	Biomasa a Fitopl. g/m <sup>3</sup>	Cl a mg/m <sup>3</sup>	PT µg/L	NT µg/L	Secchi m	Cl a mg/ m <sup>3</sup>	PT µg/L	NT µg/L	Cl a mg/ m <sup>3</sup>
Ultra-oligotrófico	>4,6	< 1	< 2	< 1-5	< 200	---		< 8	< 661	< 1,7
Oligotrófico	>4,6	1-3	< 2	---	---	> 5,4	< 2	8	661	1,7
Oligo-mesotrófico	4,5-3,8	---	2,1-2,9	5-10	250-600	---	---	---	---	---
Mesotrófico	3,7-2,4	3-5	3-6,9	10-30	500-1100	4,2	3-11	27	753	4,7
Meso-eutrófico	2,3-1,8	---	7-9,9	10-30	1500	---	---	---	---	---
Eutrófico	< 1,7	5-10	> 10	30-100	< 1500	2,4	> 10	---	---	---
Hiper-eutrófico	---	> 10	---	> 100	---	< 0,5	> 100	---	---	---

### CAPACIDAD DE CARGA

Para el cálculo de la capacidad máxima de producción en cada ambiente, se utilizarán los modelos descritos arriba y estableciendo concentraciones de clorofila *a* (Cl*a*) máximas que representen, de acuerdo al criterio de la OECD (1982), estados tróficos diferentes (Tabla ). Por otro lado, a la máxima concentración de fósforo resultante de la Cl*a* establecida se le descontará la concentración de fósforo inicial en el ambiente. Se considerará un porcentaje de P en el alimento balanceado usado en la región del 2.0 % (Temporetti, 1998) y una tasa de conversión alimento:pez de 1.5:1. Estos valores son de carácter orientativo y se ajustarán conforme la discusión durante el trabajo.

### CRITERIOS DE TIPIFICACIÓN DE SITIOS

Los primeros estudios científicos que tienden a fijar pautas básicas para determinar la capacidad de carga de ambientes acuáticos en Patagonia conservando el estado ambiental datan de 1989 y se realizaron sobre el embalse de Alicura. Este trabajo establecía que la producción máxima estimada para todo el embalse Alicura era de 8600 Tn/año, la cual representava una cifra 20 veces mas alta respecto de la producción total de salmónidos con fines comerciales en la Argentina en ese momento (Hidronor, 1989). En este trabajo también, se mostraban los resultados obtenidos respecto de la producción máxima prevista en diferentes sitios (bahías) seleccionados en el mencionado embalse. Posteriores trabajos de investigación (Pedrozo *et al.*, 1993), establecieron que la producción máxima para todo el embalse era de aproximadamente 4000 Tn/año. Al presente, el impacto ambiental que esta actividad produce sobre los cuerpos de agua, (elevados aportes de nutrientes principalmente fósforo y nitrógeno aportado a través del alimento balanceado y heces de los peces) ha sido evaluado fundamentalmente sobre la calidad del agua (Pedrozo *et al.*, 1993), sedimentos (Temporetti, 1998), fitoplancton (Diaz *et al.*, 1998) y perifiton (Baffico y Pedrozo, 1996).

Las jaulas de producción, por lo general, son colocadas en zonas que intentan tener mucha profundidad pero que conforme al ciclo hidrológico sufren variaciones que modifican su localización en la región litoral principalmente en embalses. Asimismo, se buscan sitios que se encuentren protegidas de los vientos predominantes (Beveridge, 1986), pero esto puede implicar una baja tasa de renovación del agua. En este sentido, los estudios de capacidad de carga realizados por Hidronor (1989) sobre diferentes bahías (los mejores sitios para el establecimiento de las jaulas de cría) en el embalse Alicura se basaron fundamentalmente en la aplicación del modelo de predicción trófica propuesto por Dillon y Rigler (1974). Este modelo, es un modelo simple de transporte de nutrientes que predice las concentraciones de fósforo esperadas para un determinado cuerpo de agua. La base de datos empleadas para la elaboración de este modelo, abarcó un amplio espectro de cuerpos de agua tanto naturales como artificiales. Posteriormente, Håkansson *et al.* (1988), elaboraron un modelo específico para evaluar el impacto ambiental producido por las pisciculturas, pero aplicado

fundamentalmente a ambientes marinos costeros. Otros trabajos de este mismo autor (Håkansson *et al.*, 1988; Håkansson y Wallin, 1991; Persson y Håkansson, 1991; Wallin y Håkansson, 1991), proponen una serie de parámetros con potencialidad para ser usados como parámetros de sensibilidad a las cargas de nutrientes para registrar los efectos ambientales que las jaulas de cría producen sobre las áreas costeras. Estos parámetros servirán como base para proponer criterios de selección de los mejores sitios para ubicar las jaulas de cría dentro de un ambiente determinado.

Varios grupos de parámetros de sensibilidad pueden ser identificados: a) **parámetros de tamaño** (profundidad máxima, perímetro de la bahía, área, volumen), b) **parámetros de forma** (profundidad media, pendiente media de la bahía, desarrollo de línea de costa, etc.), c) **parámetros espaciales** (exposición.) y d) **parámetros de procesos** (tiempo de retención del agua, proporción de fondos de acumulación, transporte y erosión, etc.) (Håkansson y Wallin, 1991). Estos parámetros se complementan a los de: 1) **parámetros de efecto** (disco de Secchi, concentración de Clorofila a, oxígeno disuelto, tasas de sedimentación, etc.) y 2) **parámetros de dosis** (concentraciones de fósforo total y nitrógeno total, cargas de nutrientes aportadas por las jaulas de cría, etc.).

#### Parámetros de Tamaño:

- ❖ **Perímetro (P):** Medición directa a partir de cartografía.
- ❖ **Area (A):** Medición directa a partir de cartografía.
- ❖ **Volumen (V):** Se calcula a partir de las áreas de cada isobata, aplicando la fórmula de Penck:

$$V = \frac{h}{3}(A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2})$$

- ❖ **Profundidad máxima (Zmax):** Se determina a partir de los registros máximos de profundidad establecidos por los mapas batimétricos.
- ❖ **Longitud máxima (Lmax):** Medición directa a partir de los mapas
- ❖ **Ancho máximo (Amax):** Medición directa a partir de los mapas

Parámetros de forma:

- ❖ **Profundidad media (Zmed) (m):** Se calcula como:  $V/A$
- ❖ **Pendiente (p) (%):** Se calcula como:  $(L_{max}/Z_{max}) * 100$
- ❖ **Desarrollo de línea de costa (DLC) (adimensional):** Se calcula como:

$$DLC = \frac{P}{2 * \sqrt{\pi} * A}$$

- ❖ **Factor de forma (Ff) (adimensional):** Se calcula como:  
 $3 * Z_{med} / Z_{max}$

Parámetros Especiales:

- ❖ **Exposición (E) (%):** Se calcula como:

$$E = 200 \sum_{P=0}^n P / L * Z_i / (Z_i + P)$$

Donde: P= Perímetro de cada isobata

n= Número de isobatas

L= Sumatoria de todos los perímetros

Z<sub>i</sub>= Profundidad entre isobatas

- ❖ **Fetch Efectivo (Fe) (km):** Se calcula de acuerdo al diagrama propuesto por Håkanson *et al.* (1988).

Parámetros de Procesos:

- ❖ **Tiempo de retención del agua (Tw) (días):** Se calcula de acuerdo a la fórmula propuesta por Håkanson *et al.* (1988):

$$Tw = 42.7 * A_{med} * E^{-0.71}$$

- ❖ **Proporción de fondos de acumulación (FA) (% la superficie de agua):** Se calcula de acuerdo a la fórmula propuesta por Håkanson *et al.* (1988):

$$FA = 11.7 * E^{-0.82} * p^{0.92} - 1$$

- ❖ **Proporción de fondos de erosión (FE) (% la superficie de agua):** Se calcula de acuerdo a la fórmula propuesta por Håkanson *et al.* (1988):

$$FE = 23.1 * E^{0.36} * Ff^{-0.76}$$

- ❖ **Proporción de fondos de transporte (FT) (% la superficie de agua):** Se calcula de acuerdo a la fórmula propuesta por Håkanson *et al.* (1988):

$$FT = 100 - FA - FE$$

Parámetros de Efectos:

- ❖ **Transparencia (Secchi) (m):** Disco de secchi.
- ❖ **Oxígeno de fondo (O<sub>2</sub>F) (mg/L):** Determinación mediante oxímetro.
- ❖ **Concentración Clorofila a (Cl a) (mg/m<sup>3</sup>):** APHA (1992).

Parámetros de dosis:

- ❖ **Concentración de fósforo total (PT) (mg/m<sup>3</sup>):** Golterman *et al.* (1978).
- ❖ **Concentración de fósforo inorgánico (PRS) (mg/m<sup>3</sup>):** APHA (1992).
- ❖ **Concentración de nitrógeno total (NT) (mg/m<sup>3</sup>):** Grasshoff *et al.* (1983).
- ❖ **Concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) (mg/m<sup>3</sup>):** Se lo consideró como la suma de nitratos, nitritos y amonio (APHA, 1992).

## **Recopilación de la información sobre estado trófico de los lagos**

Los resultados de la recopilación bibliográfica pueden clasificarse en los siguientes tipos:

1. de caracterización físico-química y batimétrica
2. de estado trófico
3. específicos sobre capacidad de carga
4. Bibliografía cartográfica y climática.

Los del tipo 1. comprenden estudios publicados o inéditos, la mayoría de carácter puntual en el sentido que involucran uno o pocos muestreos. Es así, que se ha recopilado información inédita de lagos muestreados en el año 1992, como el Lago Buenos Aires y Argentino, por integrantes de este mismo grupo de trabajo, los publicados por Quiros y colaboradores en el Diccionario de Lagos, datos publicados en Tesis doctoral de la Dra. Diaz y publicación de Baigún y colaboradores. Es interesante observar que en el caso de los ambientes acuáticos que nos ocupan, la SPAP ha realizado y posee información de carácter estacional. Este hecho no suele ser frecuente en lagos y ríos de la Patagonia, y constituyen una base de información muy importante. Por otra parte existen publicaciones, especialmente de lagos y embalses de la cuenca de los ríos Limay y Neuquén, que poseen información más extendida en el tiempo.

Una primera conclusión del análisis de la información recopilada indica que los lagos de la Provincia de Santa Cruz incluidos en este estudio y de ubicación andina, poseen al presente valores de pH y conductividad muy semejantes a los ya mencionados en la bibliografía de años previos, o aquellos más recientes obtenidos por la SPAP.

Los del tipo 2. Incluyen publicaciones sobre lagos y embalses donde la concentración de nutrientes y clorofila, así como la biomasa algal, permiten categorizar tróficamente los ambientes. También aquí hay trabajos puntuales como el de Quirós sobre 103 lagos argentinos que incluyen por primera vez para Argentina, ecuaciones que relacionan los parámetros de caracterización trófica.



Estas ecuaciones se dan tanto para lagos en general de Argentina o por regiones. Un posterior trabajo de Quirós y Drago amplian la interpretación de los lagos de Argentina en función de la salinidad. Baigun y Marinone también dan ecuaciones y la decisión de trabajar con uno u otro criterio es una interesante cuestión que seguramente será discutida en el Taller previsto para la última etapa de este proyecto. Finalmente existen trabajos de Pedrozo y colaboradores, Diaz y Pedrozo, Temporetti, y Baffico en lagos y embalses de la cuenca del Limay y Neuquén, en lagos de estepa similares al Cardiel, como ser las lagunas Carrilufquen Grande y Chica de la Linea Sur (Río Negro), en el embalse de Alicura, Lago Nahuel Huapi, Lacar, etc. que incluyen datos sistemáticos en el tiempo. La información de estos diferentes autores incluyen nutrientes, iones, distribución térmica, fitoplancton, perifiton, bioensayos algales bajo diferentes contaminantes, etc. Las situaciones relevadas cubren un espectro de lagos que van desde los alcalinos (Carrilufquen, Pellegrini), neutros (N.Huapi, Lacar, etc) y ácidos (Caviahue).

Aquellos del tipo 3 son trabajos que tomaron como base mucha de la información antes mencionada y que pudieron tener continuidad en el tiempo, que es lo que requiere un análisis ajustado de valoración de las cargas de nutrientes y el paralelo seguimiento del estado trófico. El caso mas destacado sin duda es el que nos ocupó estudiar en el embalse de Alicura. Este estudio involucró diferentes etapas de acercamiento. Primero fue el análisis que realizó la empresa Hidronor en los años 1989 y 1991. Luego el monitoreo periódico que se logró con el Estudio de Producción sustentable de salmónidos (Unión Europea, contrato STD3) que llevamos a cabo (Temporetti tesis doctoral). Finalmente la continuidad con estudios financiados por la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Rios Limay, Neuquen y Negro (AIC).

Finalmente, la SPAP proveyó información climática de las ciudades mas cercanas a los lagos bajo estudio y se recopilaron las cartas topograficas de las Bahía Palavicini, Lago Posadas-Pueyrredon, Cardiel y Argentino, algunas provistas por la SPAP y otras disponibles en la UNC. De internet se descargaron las imágenes de las bahías seleccionadas para cada lago.

## Resultados y Discusión

La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos en cuanto a la composición físico-química de los lagos estudiados.

### ***Temperatura, oxígeno, salinidad y transparencia.***

La temperatura del agua demuestra que todas las bahías se hallaban térmicamente homogéneas. Las mismas oscilaron entre 10,4 a 12,2 grados centígrados siendo el Lago Argentino quien se diferenció de los otros por su menor temperatura (10,4 a 10,9 °C) probablemente asociado a su ubicación más austral y a la influencia de deshielo glaciar. Esta situación de homogeneidad en la columna de agua es esperable para estos lagos durante el otoño cuando la disminución de la temperatura ambiente y el comienzo de vientos más fuertes provoca la circulación de la columna de agua y su consecuente mezcla. Además, se agrega la menor profundidad que tienen las bahías y, en general, su exposición a los vientos.

Todos los ambientes presentaron un pH superior a la neutralidad. Los lagos mostraron un marcado gradiente de pH y contenido de sales disueltas (en este caso representado por la conductividad). El extremo más oligohalino lo representa la bahía del Lago Argentino probablemente por el mayor aporte de agua glaciar (conductividad media: 39,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y con pH ligeramente alcalino (7,5). El Lago Buenos Aires y las dos bahías del Lago Pueyrredón incrementan en 2 a 4 veces el contenido de sales y son netamente alcalinos (pH 7,8 a 8,3). En el extremo alcalino se ubicó el Lago Cardiel en el cual la conductividad fue de 4512  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el pH 9,21. Todos los lagos presentaron un alto contenido de oxígeno disuelto (entre 9,95 y 10,70 mg/l). Este patrón de pH y contenido salino se representa en la Figura 6.

En la Patagonia los cuerpos de agua se distribuyen en un gradiente de salinidad coincidente con el avance sobre el eje Cordillera-Atlántico (Land de Castello, 1981). Este patrón resulta evidente para los lagos estudiados (Tabla 2).

Tabla 2. Composición físico-química

Lago	Sitio	Prof	Temp	Trans	pH	Cond.	OD	Alk. Total	SST	PT	PRS	NT	NNO <sub>3</sub> +NNO <sub>2</sub>	NNH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NID	N/P
			(°C)	(m)												
B. Aires	1 W	Sup	12.0	4.6	7.70	76.8	9.6	26.0	1.1	5.3	0.8	21.4	1.4	2.2	3.6	4.04
		Fdo	12.2		7.85	77.0	9.1	26.5	1.4	5	1	22.3	0.5	0.4	0.9	4.46
B. Pallavicini	2 E	Sup	12.0	2.0	7.85	76.9	10.8	27.0	1.1	23.2	4.7	72.2	0.2	0.7	0.9	3.11
		Fdo	11.8		7.90	76.9	10.3	26.3	1.3	4.1	1	25.6	0.2	0.1	0.3	6.24
Pueyrredón	Centro	Sup	11.9	7.0	8.27	173.6	10.4	65.5	0.5	2.2	0.8	27.6	0.1	3.6	3.7	12.55
		Fdo	11.9		8.30	173.5	10.5	67.5	0.9	2.5	0.8	29.7	0.1	0.4	0.5	11.88
Bahía Suyai	Oeste	Sup	12.0	7.0	8.20	173.4	10.2	66.0	0.4	2.8	1	32.2	0.1	1	1.1	11.50
		Fdo	11.9		8.28	173.5	10.2	65.5	0.7	1.9	0.7	28.5	0.1	2.8	2.9	15.00
Pueyrredón	Boca	Sup	11.8	8.0	8.27	173.5	9.7	67.5	0.6	5.3	1	73.8	0.1	2.8	2.9	13.92
		Fdo	11.5		8.32	173.7	9.7	69.0	1.3	2.8	0.3	34.2	0.1	0.7	0.8	12.21
B. Mondelo	Bahía	Sup	11.6	fondo	8.27	173.7	9.7	70.0	0.8	1.9	0.3	47.3	1.6	7.7	9.3	24.89
		Fdo	11.7		8.32	173.8	9.7	70.0	0.8	1.8	0.2	26.6	0.3	0.5	0.8	14.78
L. Cardiel B. Pescadores	1	Sup	11.8	1.3	9.19	447.0	10.4	970.0	5.9	336.8	337.3	317.9	0.6	nd	0.6	0.94
		Fdo	11.4		9.22	451.0	10.5	975.0	6.7	344.2	344.1	290.1	1.2	nd	1.2	0.84
Argentina	2	Sup	11.9	1.3	9.21	453.0	10.7	970.0	5.4	340.8	341.9	282.1	0.6	nd	0.6	0.83
		Fdo	11.5		9.23	454.0	11.2	950.0	7.7	340.8	347.6	274.2	0.6	nd	1.2	0.80
B. los Tres	1	Sup	10.5	1.9	7.46	39.7	10.4	14.0	2.5	2.8	0.3	20.2	4.6	0.4	5.0	7.21
		Fdo	10.5		7.57	39.9	10.1	14.0	2.6	3.1	0.2	16.5	5.4	0.1	5.5	5.32
B. los Tres	2	Sup	10.5	2.2	7.51	39.5	10.8	14.0	2.9	4.7	0.3	35.5	4.6	1.1	5.7	7.55
		Fdo	10.4		7.60	39.8	10.4	14.0	2.5	3.1	0.5	17.7	5.9	0.2	6.1	5.71
B. los Tres	3	Sup	10.4	--	7.47	39.7	11.0	--	2.1	2.5	0.5	12.7	3.1	0.6	3.7	5.08
		Fdo	10.9		7.56	39.8	10.9	--	2.3	2.5	0.7	11.1	4.2	0.8	5.0	4.44

Los límites de detección fueron: PT < 10 µg/L, PRS < 2 µg/L, NT < 15 µg/L, NNO<sub>3</sub>+NNO<sub>2</sub> < 3 µg/L y NNH<sub>4</sub> < 5 µg/L. Resultados menores se informan a fin de facilitar la discusión y son de carácter orientativo. nd: no detectable

De acuerdo a Drago y Quirós (1996) en los cuerpos de agua de Argentina predominan los procesos controlados por la erosión de la roca madre (1) y la evaporación/cristalización (2), en el sentido del modelo propuesto por Gibbs (1970). Los del tipo (1) dominan en los lagos andinos y los del tipo (2) en aquellos ubicados en la Meseta Patagónica. Los Lagos del sector andino se enclavan en valles de origen glaciario, alguno de ellos compartidos con Chile son los más profundos de Sudamérica, como en el caso del Lago Buenos Aires y del Lago Pueyrredón. En general son de estratificación térmica directa se clasifican como monomícticos cálidos. Estudios previos (Pedrozo et al., 1993) los caracterizan como ultra-oligotróficos a oligotróficos, de muy baja salinidad ( $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ ;  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^- > \text{Cl}^-$ ) y de contenido de nutrientes, y ricos en sílice. Los lagos de la estepa son de diferente área, desde pequeños a muy extensos, como el caso del Lago Cardiel, poco profundos, con elevada concentración de solutos ( $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+$ ;  $\text{CO}_3 > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^-$ ) como el caso del Lago Pellegrini y de las Lagunas Carrilauquén Grande y Chica (Pedrozo et al., 1991). Este análisis es coincidente con los resultados hallados en el presente trabajo donde el parámetro medido, la alcalinidad, fue de 2 órdenes de magnitud superior en el Lago Cardiel que en el resto de los lagos.

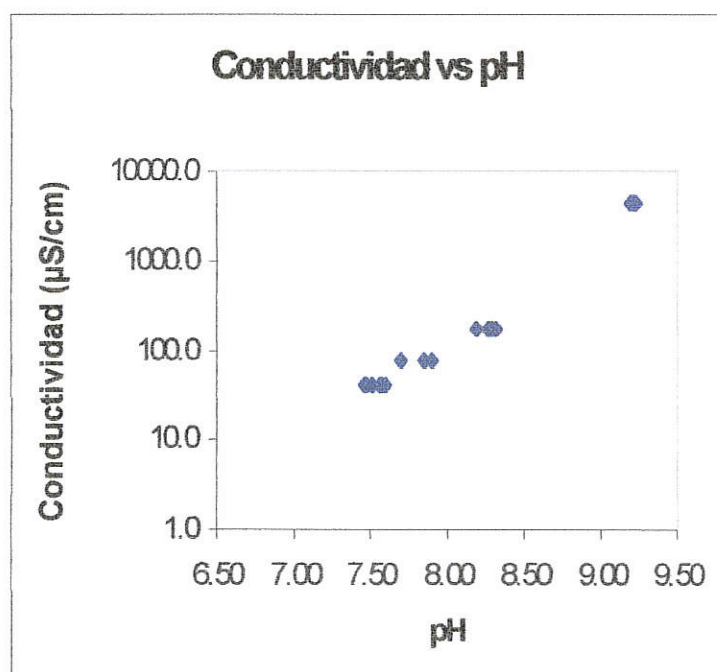


Fig. 6: Conductividad en función del pH ( $y = 2539.2 x - 19815$ ,  $R^2 = 0.7542$ )

La transparencia del agua muestra dos situaciones. Por un lado se ubican con una alta transparencia (7,5 m) las bahías del Lago Pueyrredón, seguidas por la del Buenos Aires (2 a 4,6 m). En este último los bajos valores pueden deberse a las condiciones climáticas de elevada nubosidad, muy fuerte viento y oleaje al momento del muestreo. Es decir que ese grupo de lagos se ubican con un ingreso estimado de luz entre los 8 y 22 metros. El segundo grupo lo constituyen las bahías del Cardiel y el Argentino con una transparencia entre los 1,3 (Bahía Pescadores) y 2,2 m (Bahía los Tres). El primero está afectado por aporte de polvo atmosférico y removido de la cuenca y probablemente resuspensión de material de la costa. Además, se debe considerar el aporte que haga el propio fitoplancton (ver Fig. 12a). El segundo está afectado por los materiales en suspensión de origen glaciario. En todos los casos se estima que la penetración de luz es hasta el fondo ya que observaciones de campo y las muestras de sedimentos permitieron observar la presencia de algas, micro y macroscópicas.

### **Nutrientes**

Pueden diferenciarse dos extremos marcados en cuanto a la concentración de nutrientes. Las bahías de los lagos andinos con muy bajas concentraciones tanto de las formas disueltas de nitrógeno ( $\text{NNO}_3 + \text{NNO}_2$ ,  $\text{NNH}_4$ ) y fósforo (PRS) como las totales. Tal situación es característica en ambientes oligo ó ultraoligotróficos de localización andina en la Patagonia Argentina. La concentración de PRS es similar a la hallado por Pedrozo *et al.* (1993) e inferior al valor medio mundial para sitios no contaminados dado por Meybek (1982). En el extremo opuesto se ubica la Bahía Pescadores del Lago Cardiel con elevadas concentraciones de Nitrógeno total y Fósforo total. Esta situación ya ha sido detectada en otros ambientes de localización en estepa (Diaz y Pedrozo, 1996). Esta marcada diferencia entre los lagos andinos y el Cardiel se observa también con respecto a la relación N/P, además de un claro rango de variación de las mismas. Cabe mencionar que la relación N/P se emplea como un estimador de las deficiencias de nutrientes y, eventualmente, a partir de ella se estima su influencia sobre la dominancia de uno u otro grupo algal. Esta relación deviene de la llamada ecuación de Redfield que presupone una composición molar media de las algas de C:N:P 112:16:1. Una relación N:P (peso en peso) de 7/1 denota un medio equilibrado. Relaciones mayores indican que el fósforo es el

nutriente limitante para el crecimiento algal y valores menores indican que es el nitrógeno. En el grupo de lagos de este trabajo se presentan las tres situaciones: por un lado el Cardiel con una muy baja relación N/P ( $< 1$ ) implica aguas con déficit de nitrógeno. Este resultado está en relación con el pH elevado hallado (9,2) que implica que el N amoniacal difunda a la atmósfera como amoníaco. También es concordante con la composición fitoplanctónica (ver más adelante) donde se identificaron algas cianofíceas que poseen una ventaja competitiva frente a otros grupos. La Bahía los Tres del Lago Argentino tiene una relación de equilibrio, menos deficitaria en Nitrógeno. En este ambiente se observa una mayor concentración de nitratos que en el resto lo cual guarda relación con el agua glaciaria. El hielo glaciario con aporte de agua atmosférica es rico en nitratos y le confiere esta mayor concentración. La Bahía Pallavicini ya presenta relaciones N/P en promedio 4,5 que la hacen susceptible al desarrollo de cianofíceas. En el otro extremo se ubican las bahías del lago Pueyrredón. En ellas las relaciones N/P son muy superiores a 7/1, lo cual sugieren que este ambiente tendría limitación por fósforo. Elevadas concentraciones de  $\text{SiO}_2$  derivadas de procesos erosivos, condicionan ambientes con altas relaciones Si/P lo cual es coincidente con la dominancia de diatomeas en condiciones naturales (Diaz, 1994) y postulada por Willen (1991), o en casos de eutrofización cultural (Baffico y Pedrozo, 1997). En este último caso, se observó que la caída en las relaciones N/P por debajo del valor umbral 7/1 no implicaba que hubiera un comienzo de dominancia de cianofitas como es esperado de los postulado por Smith (1979). En el rango de 7/1 a 4/1 los autores (Baffico y Pedrozo, 1997) observaron que se incrementaba la dominancia de las diatomeas, ya que aunque disminuía la N/P aún se registraban altos valores de Si/P, lo cual favorece a las diatomeas (Tilman et al., 1982). Solo recién por debajo  $\text{N/P} < 4/1$  se desarrollaban las cianofitas. Esta fundamentación puede explicar la presencia de cianofitas en la Bahía los Pescadores del Lago Cardiel.

La Tabla 3 compara resultados de este trabajo con los obtenidos en otras instancias sobre los mismos lagos. En el año 1992 se obtuvieron resultados del Lago Buenos Aires y Argentino en la campaña ILEP. Posteriormente la SPAP realizó varios muestreos de las bahías en objeto de estudio. La comparación de los resultados muestra una importante coincidencia a nivel de pH, conductividad y transparencia. Lógicamente sobre esta última tiene una fuerte influencia la situación

climática del momento. Se presentan diferencias en el análisis de PRS, lo cual es esperable y puede estar asociado al nivel de detección del método empleado en las diferentes campañas. Sin embargo, es de destacar que para el caso del Lago Cardiel la elevada concentración (valor relativo) es una constante y coincide con el alto registro nuestro, demostrando la diferencia de este lago con los andinos. Surge como una interesante propuesta entonces poder plantear un trabajo futuro de intercalibración de metodologías, máxime que los modelos de predicción trófica tienen un fuerte componente en, por ejemplo, el fósforo.

Tabla 3: Datos comparativos de algunos parámetros tomados de la bibliografía y del presente informe para los ambientes muestreados

		SPAP <sup>1</sup>	ILEP (1992) <sup>2</sup>	Este Informe <sup>3</sup>
Lago Buenos Aires Bahía Pallavicini	pH	7.77	7.80	7.82
	Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	65.0	92.0	76.9
	Transp. (m)	10,3*	8.0	3.3
	PRS ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	100.0	0.6	1.8
Lago Pueyrredón Bahía Suyai	pH	8.10	----	8.26
	Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	144.0	----	173.5
	Transp. (m)	----	----	7.5
	PRS ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	100.0	----	0.8
Lago Pueyrredón Bahía Mondelo	pH	8.24	----	8.30
	Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	144.0	----	173.7
	Transp. (m)	19,5*	----	8.0
	PRS ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	< 100,0	----	0.5
Lago Cardiel	pH	8.58	----	9.21
	Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	4550.0	----	4512
	Transp. (m)	1.3	----	1.3
	PRS ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	1400.0	----	342.7
Lago Argentino Bahía de Los Tres	pH	6.00	7.30	7.53
	Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	31.0	42.7	39.7
	Transp. (m)	0.7	1.0	2.0
	PRS ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	90.0	0.9	0.4

1) Se consideró solo los valores dados para otoño época en que se realizó el presente trabajo

2) valores campaña de la ILEP Marzo 1992.

3) Se consideró el promedio de superficie y fondo de los dos sitios de muestreo por bahía

\* Medidas que corresponden a muestreos realizados en invierno

## Fitoplancton

Las Tablas 4a,b,c,d muestran en detalle la composición específica del fitoplancton, la densidad y biomasa calculada a partir del biovolumen.

Tabla 4a . Lago Buenos Aires, Composición, densidad y biomasa del fitoplancton

### *Bahia Pallavicini*

	Densidad (cel/ml)				Biomasa ( $\mu\text{m}^3/\text{mL}$ )			
	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 1		Sitio 2	
	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
<b>CHLOROPHYCEAE</b>								
Chlamydomonas sp		2				308		
Chlorococcal	5	3			1000	600		
Dictyosphaerium pulchellum		2				400		
Cosmarium sp	1	1	1		3200	3200	3200	
Monoraphidium griffithii								
Lobocystis sp								
Oocystis lacustris		4	3			1400	1050	
Sphaerocystis schroeteri								
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>								
Cryptomonas erosa								
Cryptomonas sp								
Rhodomonas lacustris		8				539		
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>								
Cystes								
Dinobryon divergens		1	3			221	663	
<b>PRYMNESIOPHYCEAE</b>								
Chrysochromulina parva	25	45	100	88	625	1125	2500	2200
<b>DINOPHYCEAE</b>								
Gymnodinium sp1		2	2			1000	1000	
Gymnodinium sp2	1	1			900	900		
Peridinium sp			1	2			2600	5200
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>								
Cyclotella stelligera	1				150			
Fragillaria crotonenesis		2				1500		
Aulacoseira granulata	9	2	3	6	6210	1380	2070	4140
Nitzschia sp		2				900		
Urosolenia eriensis		3	2	2		450	300	300
Synedra acus	10	4	3	3	3600	1440	1080	1080
<b>TOTAL</b>	<b>52</b>	<b>82</b>	<b>118</b>	<b>101</b>	<b>15685</b>	<b>15363</b>	<b>14463</b>	<b>12920</b>



Tabla 4b . Lago Pueyrredón, Composición, densidad y biomasa del fitoplancton  
*Bahia Mondelo*

	Densidad (cel/ml)				Biomasa ( $\mu\text{m}^3/\text{mL}$ )			
	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 1		Sitio 2	
	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>								
<i>Cryptomonas erosa</i>	8	4	9	8	2720	1360	3060	2720
<i>Cryptomonas sp</i>	4				2800			
<i>Rhodomonas lacustris</i>	18	8	10		1213	539	674	
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>								
<i>Dinobryon divergens</i>	11	4	2	6	2431	884	442	1326
<b>PRYMNESIOPHYCEAE</b>								
<i>Chrysochromulina parva</i>	47	77	30	76	1175	1925	750	1900
<b>DINOPHYCEAE</b>								
<i>Gymnodinium sp1</i>	3	2			1500	1000		
<i>Gymnodinium sp2</i>	2	2			1800	1800		
<i>Peridinium sp</i>	1	1	2	1	2600	2600	5200	2600
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>								
<i>Cyclotella stelligera</i>	5	1			750	150		
<i>Urosolenia eriensis</i>	9	10	8	2	1350	1500	1200	300
<i>Synedra acus</i>	16	11	2	12	5760	3960	720	4320
<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>120</b>	<b>63</b>	<b>105</b>	<b>24099</b>	<b>15718</b>	<b>12046</b>	<b>13166</b>

*Bahia Suyai*

	Densidad (cel/ml)				Biomasa ( $\mu\text{m}^3/\text{mL}$ )			
	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 1		Sitio 2	
	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>								
<i>Cryptomonas erosa</i>		2	1			680	340	
<i>Cryptomonas sp</i>		1				700	0	
<i>Rhodomonas lacustris</i>	3		2		202		135	
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>								
<i>Dinobryon divergens</i>	1	5	3	5	221	1105	663	1105
<b>PRYMNESIOPHYCEAE</b>								
<i>Chrysochromulina parva</i>	21	25	30	32	525	625	750	800
<b>DINOPHYCEAE</b>								
<i>Gymnodinium sp2</i>	1	1	1		900	900	900	0
<i>Peridinium sp</i>	2	1	1		5200	2600	2600	0
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>								
<i>Urosolenia eriensis</i>	4	10	9	11	600	1500	1350	1650
<i>Synedra acus</i>	5	12	9	27	1800	4320	3240	9720
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>57</b>	<b>56</b>	<b>75</b>	<b>9448</b>	<b>12430</b>	<b>9978</b>	<b>13275</b>

Tabla 4c . Lago Cardiel, Composición, densidad y biomasa del fitoplancton

## Bahía de los Pescadores

	Densidad (cel/ml)				Biomasa ( $\mu\text{m}^3/\text{mL}$ )			
	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 1		Sitio 2	
	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
<b>CYANOPHYCEAE</b>								
<i>Merismopedia tenuissima</i>	99	44		110	198	88		220
<i>Microcystis delicatissima</i>	18	16	61	1133	90	80	305	5665
<b>CHLOROPHYCEAE</b>								
<i>Chlorococcal</i>	31	50	38		6200	10000	7600	
<i>Monoraphidium griffithii</i>	5		2		375		150	
<i>Lobocystis sp</i>		2		5		340	0	850
<i>Oocystis lacustris</i>	37	39	27	52	12950	13650	9450	18200
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	12	25	17	18	2400	5000	3400	3600
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>								
<i>Cryptomonas erosa</i>	2			2	680			680
<i>Rhodomonas lacustris</i>	6	3		4	404.4	202.2		269.6
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>								
<i>Cyclotella stelligera</i>		6	3			900	450	
<i>Synedra acus</i>		2				2480		
<b>TOTAL</b>	<b>210</b>	<b>187</b>	<b>148</b>	<b>1324</b>	<b>23297</b>	<b>32740</b>	<b>21355</b>	<b>29484.6</b>

Tabla 4d . Lago Argentino, Composición, densidad y biomasa del fitoplancton

**Bahía de los Tres**

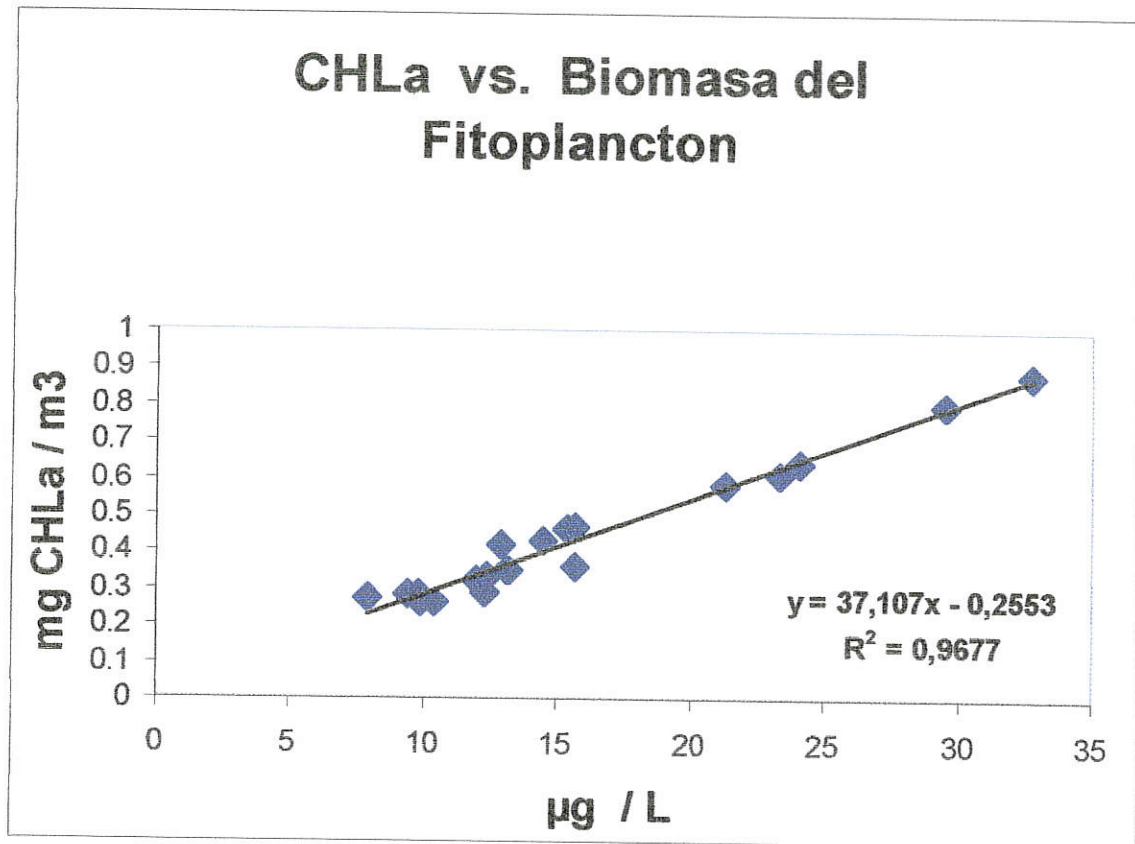
	Densidad (cel/ml)				Biomasa $\mu\text{m}^3/\text{mL}$			
	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 1		Sitio 2	
	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
<b>CYANOPHYCEAE</b>								
<i>Merismopedia tenuissima</i>			17				34	
<b>CHLOROPHYCEAE</b>								
<i>Botriococcus braunii</i>		8				1600		
<i>Chlorococcal</i>	6				1200			
<i>Coenochloris helvetica</i>								
<i>Oocystis lacustris</i>				2				700
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>								
<i>Cryptomonas erosa</i>	2	1	1	1	680	340	340	340
<i>Rhodomonas lacustris</i>			10	11			674	741
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>								
<i>Dinobryon divergens</i>	5	5	5	7	1105	1105	1105	1547
<b>PRYMNESIOPHYCEAE</b>								
<i>Chrysochromulina parva</i>								
<b>DINOPHYCEAE</b>								
<i>Peridinium sp</i>	2	1	1	1	5200	2600	2600	2600
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>								
<i>Cyclotella stelligera</i>		6	3	4	0	900	450	600
<i>Synedra acus</i>	9	6	6	7	3240	2160	2160	2520
<i>Urosolenia eriensis</i>	6	5	4	5	900	750	600	750
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>47</b>	<b>38</b>	<b>12325</b>	<b>9455</b>	<b>7963</b>	<b>9798</b>

En la Tabla 5 se presentan los resultados comparados de densidad y biovolumen y clorofila a. Todos los valores representan registros bajos para los tres parámetros analizados. La única excepción es la alta densidad que presentan las aguas de fondo del lago Cardiel a pesar de la baja transparencia del agua. Esta situación ya se había observado a campo. En la Figura 7 se grafica la Clorofila a en función de la biomasa (como peso fresco algal). Se observa un muy buen ajuste demostrativo de que ambos parámetros pueden usarse como estimadores del otro.

**Tabla 5. Biomasa fitoplanctónica**

		Clorofila a (mg/m <sup>3</sup> )	Densidad cel/ml	Biomasa µg/L	
<b>Lago Buenos Aires Bahía Pallavicini</b>	Sitio 1 W	Superficie	0.47	52	15.7
		Fondo	0.46	82	15.4
	Sitio 2 E	Superficie	0.43	118	14.5
		Fondo	0.42	101	12.9
<b>Lago Pueyrredón Bahía Suyai</b>	Sitio Centro	Superficie	0.26	39	10.4
		Fondo	0.33	57	12.4
	Sitio Oeste	Superficie	0.26	56	9.9
		Fondo	0.35	75	13.2
<b>Lago Pueyrredón Bahía Mondelo</b>	Sitio Boca	Superficie	0.64	131	24.1
		Fondo	0.36	120	15.7
	Sitio Bahía	Superficie	0.32	63	12.0
		Fondo	0.35	105	13.1
<b>Lago Cardiel Bahía de los Pescadores</b>	Sitio 1	Superficie	0.61	210	23.3
		Fondo	0.88	187	32.7
	Sitio 2	Superficie	0.58	148	21.3
		Fondo	0.80	1324	29.5
<b>Lago Argentino Bahía de Los Tres</b>	Sitio 1	Superficie	0.29	30	12.3
		Fondo	0.28	32	9.4
	Sitio 2	Superficie	0.27	47	7.9
		Fondo	0.28	38	9.8

Figura 7. Relación entre la concentración de clorofila (CHLa) en función de la Biomasa fitoplanctónica (como peso fresco algal)



### Lagos andino-Patagónicos: Relaciones entre nanoplancton, biomasa total y estado trófico

En general se observó que para la mayoría de los lagos Andino-Patagónicos la fracción nanoplanctónica constituyó entre el 20 y el 40 % de la biomasa total (Fig. 8).

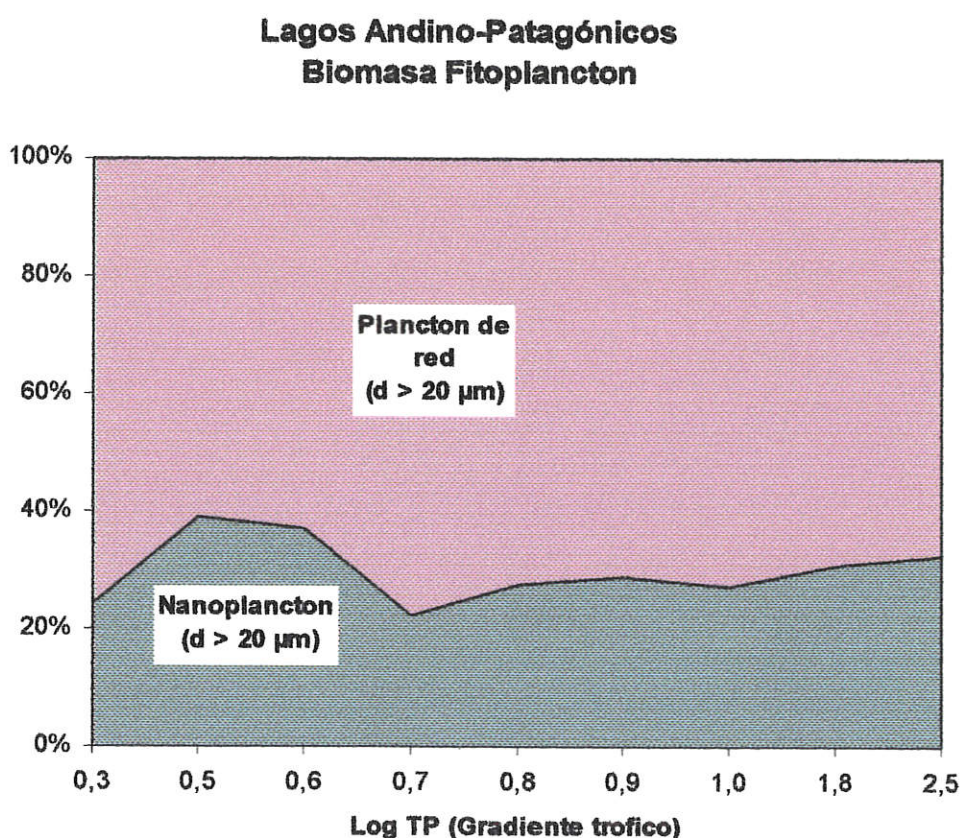


Figura 8: Aporte de fitoplancton de red y del nanoplancton a la biomasa total de los lagos Andino-Patagónicos representados a lo largo del gradiente trófico (Diaz, Tesis doctoral 1994).

Las Tabla 6 muestra la relación empírica entre la biomasa nanoplanctónica y la biomasa total para los lagos andino-patagónicos. Si se considera a la biomasa total como una medida del estado trófico, la biomasa del nanoplancton muestra un incremento significativo cuando el estado trófico aumenta. Cuando se graficaron (datos transformados en logaritmos) la

biomasa total en función del fósforo total y la biomasa nanoplanctónica en función del fósforo total, también se observó una buena correlación.

Tabla 6 : Funciones y coeficientes de correlación cuadráticos correspondientes a las variables fitoplanctónicas en lagos andino-patagónicos (Díaz Tesis doctoral 1994). \*\* indica  $p < 0,01$ ; NS: no significativo.

Ecuación	$r^2$
%BioNano = $31,763 - 0,911 \cdot \log(\text{Biototal})$	0,002 NS
%DenNano = $79,874 - 34,579 \cdot \log(\text{PT})$	0,307 NS
$\log(\text{Bionano}) = 0,995 + 0,834 \cdot \log(\text{Biototal})$	0,847 **
$\log(\text{Bionano}) = 1,322 + 0,669 \cdot \log(\text{Biototal, sin meseta})$	0,607 **
$\log(\text{Biototal}) = -0,418 + 0,476 \cdot \log(\text{PT})$	0,700 **
$\log(\text{Bionano}) = 0,055 + 0,398 \cdot \log(\text{PT})$	0,593 **

Las bahías de los lagos muestreados de la Pcia. De Santa Cruz se ajustan a lo esperado, con valores de nanoplancton entre el 20 y el 40% de la biomasa total (Fig. 9).

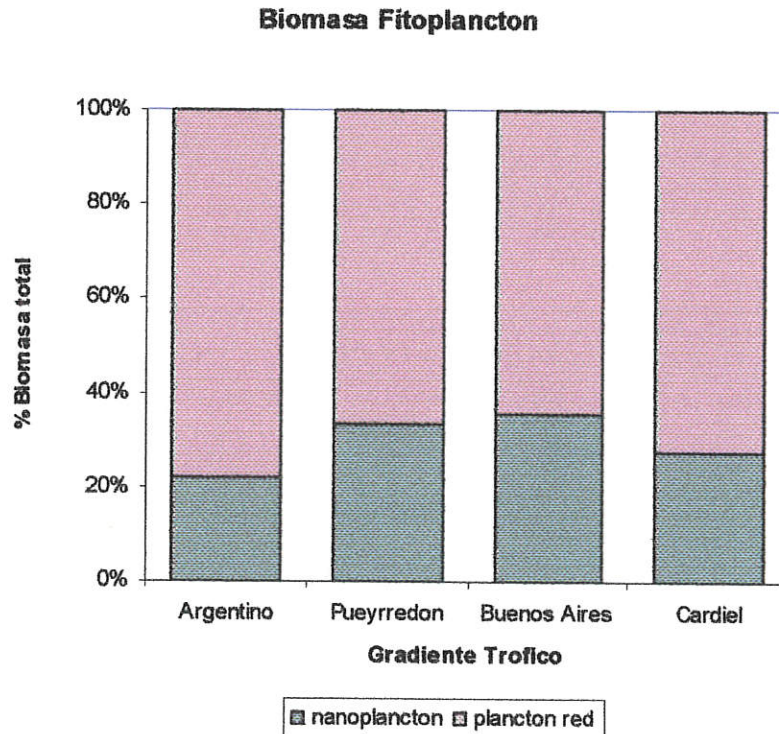


Figura 9: Contribución de las fracciones del fitoplancton de red y del nanoplancton a la biomasa total en los lagos estudiados, representados a lo largo del gradiente trófico creciente.

El análisis de la comunidad fitoplanctónica, en base a la estructura de las diferentes fracciones que la componen, permite la formulación de hipótesis sobre relaciones entre factores ambientales y distribución de los distintos tamaños del fitoplancton. Watson y Kalff (1981) sugieren que la función, la fisiología y las tasas de pérdida celular (por sedimentación y predación) están relacionadas con el tamaño celular y no lo están necesariamente con las divisiones taxonómicas. Apoyando esta idea Smith y Kalff (1983) sostienen que la asimilación de nutrientes es dependiente del tamaño celular e independiente de la posición taxonómica, por lo que el nanoplancton debería mostrar un patrón en relación a la concentración de nutrientes. Watson y Kalff (1981) verificaron esta idea en estudios realizados en lagos canadienses, donde pusieron a prueba la hipótesis del incremento de biomasa de nanoplancton y reducción de su proporción relativa con del estado trófico. En los lagos andino-patagónicos, también se verificó que al incrementarse el estado trófico, medido en términos de fósforo total, la densidad del nanoplancton tiende a aumentar. Del análisis de los resultados obtenidos por Diaz (1994) puede decirse que, tanto los lagos oligotróficos como los eutróficos poseen entre el 20 y 40 % de su biomasa total como biomasa nanoplanctónica. Los lagos ultraoligo- a oligotróficos cordilleranos con concentraciones muy bajas de fósforo, deberían mostrar una dominancia de nanoplancton, ya que, según Smith y Kalff (1983) y Harris (1986) las células pequeñas son mejores competidoras por nutrientes que las células grandes, independientemente de la ubicación taxonómica. Sin embargo, en valores de biomasa, el fitoplancton de red, supera al nanoplancton, por lo menos en los lagos estudiados durante el verano.

La composición química de las aguas de los lagos andinos presentan soluciones muy diluidas dominadas por Ca,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{SiO}_2$  disuelto indicativo de procesos de meteorización dominados por litologías silíceas y carbonáticas (Pedrozo et al., 1993). Los valores medios para las concentraciones de todos los iones principales se ubican debajo de los valores medios mundiales consignados por Meybeck (1979). El contenido de sílice es muy superior a los valores citados por Willén (1991) para lagos de Europa, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Canadá. Estas características de los lagos andinos



patagónicos, pueden atribuirse al origen ígneo dominante de la roca madre y a que los vientos provenientes del Océano Pacífico precipitan con las lluvias las sales cíclicas de Cl, Na y K, principalmente sobre la pendiente occidental de la cordillera.

Las lagunas de la meseta por lo tanto tienen un alto contenido salino respecto a los lagos andinos, pudiendo clasificarse según el criterio de Margalef (1983), como aguas oligohalina ( $0,7 \text{ gCl.L}^{-1}$ ) o como aguas salobres ("brackishwater") según el criterio de Drever (1982) ( $1500 \text{ mg.L}^{-1}$  de sales disueltas). Estas características del agua están en relación con el sistema fisiográfico en el que se ubica el Lago Cardiel semejante a lo sugerido por Speck et al. (1982). Se trata de una cuenca antigua con influencia salina y suelos uniformes de textura gruesa, mediana y alcalina, con influencia de deposición eólica de arena y sal. Los suelos son altamente salino-alcalinos, formando costras superficiales en un clima de balance hídrico negativo.

### **Fitoplancton y estado trófico**

Los veintiún lagos andino-patagónicos muestreados en el presente trabajo presentaron un amplio rango de variación de la biomasa fitoplanctónica. Esto permite realizar una clasificación en base a la concentración máxima de biomasa, de acuerdo al criterio adoptado por Vollenweider (1968) para los lagos europeos y por Munawar et al. (1987) para los Grandes Lagos de América del Norte:

Ultraoligotrófico	$< 1 \text{ g.m}^{-3}$
Oligotrófico	$1 - 3 \text{ g.m}^{-3}$
Mesotrófico	$3 - 5 \text{ g.m}^{-3}$
Eutrófico	$5 - 10 \text{ g.m}^{-3}$
Hipereutrófico	$> 10 \text{ g.m}^{-3}$

De tal modo, la gran mayoría de lagos andinos estudiados pueden clasificarse como ultra-oligotróficos a oligotróficos, mientras que los cuerpos de

agua de la Meseta Patagónica poseen un estado trófico superior a la eutrofia. El mismo agrupamiento se obtiene de aplicar el criterio de la OECD (1982) en base a las concentraciones de fósforo total.

Los grupos fitoplanctónicos co-dominantes en los lagos andinos fueron principalmente las Bacillariophyceae y las Dinophyceae, seguidas por las Chrysophyceae, representando en conjunto entre el 60 y el 100 % de la biomasa (Fig. 10).

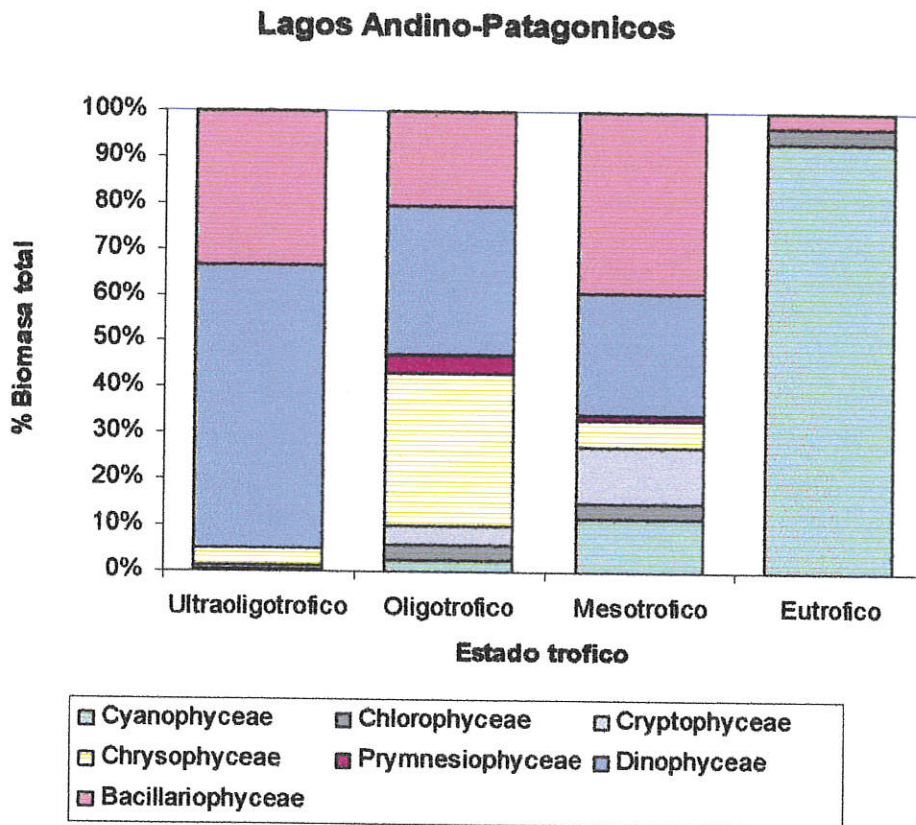


Figura 10: Contribución relativa de los grupos algales a la biomasa fitoplanctónica de los lagos Andino-Patagónicos .

### Fitoplancton de lagos de la Provincia de Santa Cruz

Los resultados muestran (Fig. 11) que los Lagos de localización andina poseen una composición mayoritaria (45 %) del grupo de las Bacillariophyceae

(diatomeas) en términos de biomasa. Esta predominancia es compartida con el grupo de las Dinophyceae en los Lagos Pueyrredon y Argentino donde ambos grupos dominan el 80 % del fitoplancton y con las Chlorophyceae en la Bahía Pallavicini del Lago Buenos Aires. En el Lago Cardiel, Bahía Pescadores, el grupo dominante (75 al 97 %) es el de las Chlorophyceae en términos de biomasa. Sin embargo, en términos de densidad hay una dominancia de las Cyanophyceae en el epilimnion, y en el fondo donde representan el 94% de la densidad total. Las especies de cianofitas identificadas no resultan ser peligrosas por toxicidad.

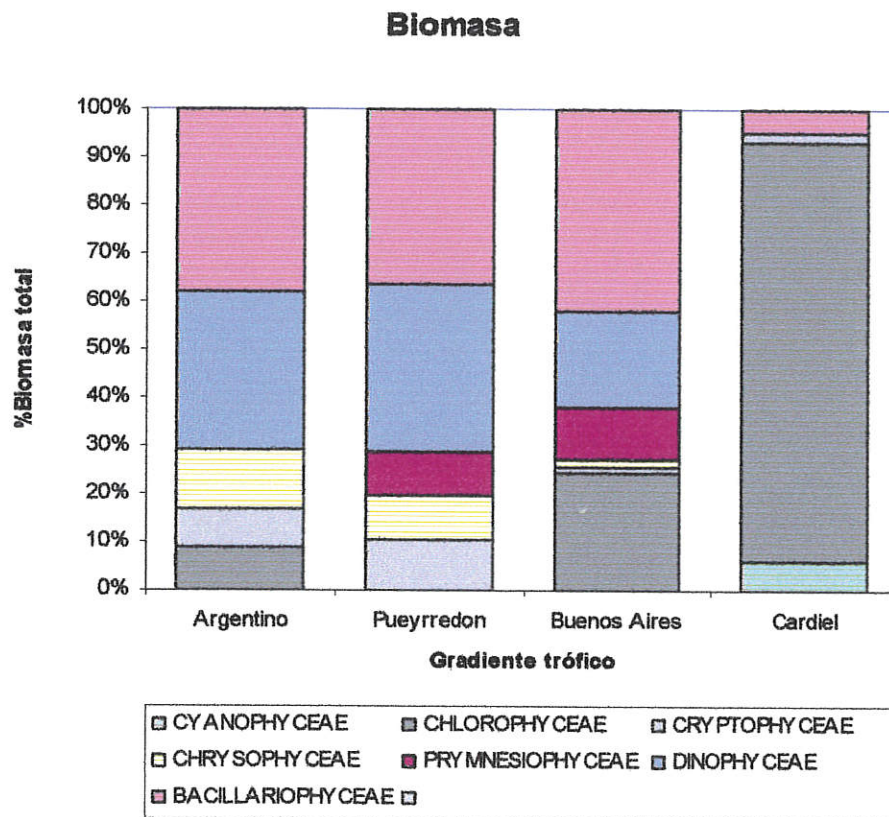


Figura 11: Contribución relativa de los grupos algales a la biomasa fitoplanctónica de los cuatro lagos Andino-Patagónicos muestreados.

Las especies más comunes registradas tanto por Diaz (1994) como en el presente informe son: Rhizosolenia eriensis, Cyclotella stelligera, Synedra spp., Dinobryon divergens, Chrysochromulina parva, Rhodomonas lacustris, Peridinium willei, Gymnodinium spp. son características de lagos oligotróficos del Hemisferio Norte (Wetzel, 1981; Margalef, 1983; Reynolds, 1984), de Nueva Zelanda (Flint, 1977) y de la región Andino-patagónica (Izaguirre et al., 1990; Diaz 1994). Las Cryptophyceae, tales como R. lacustris, forman

poblaciones que viven en las aguas profundas de los lagos oligotróficos (Nauwerk, 1968 en Lee, 1989), mientras que las especies de Dinobryon se desarrollan en ambientes con bajas concentraciones de fósforo debido a que es muy eficiente en la asimilación de este nutriente (Lee, 1989), tal como se encontraron en los lagos Pueyrredon y Buenos Aires. Sin embargo, no se puede desconocer la estacionalidad intra e interanual que puedan tener las diferentes poblaciones y en los diferentes lagos. Por ejemplo, en algunos lagos de la Patagonia, otros grupos de algas fueron registrados (Diaz, 1994) como importantes en la composición del fitoplancton: las desmidiáceas en los lagos Traful, Mascaridí, Escondido y Verde; las euglenoideas, especialmente del género Trachelomonas en los lagos Espejo, E. Chico, Verde y Escondido; las cianofitas en el Fonck, Traful y el Guillermo; las criptofíceas en el lago Argentino y el Fonck; Asterionella formosa, en el lago Buenos Aires y clorococales en muchos lagos cordilleranos. Estos grupos acompañantes reflejan características particulares de los lagos en que se desarrollan, por ejemplo, las desmidiáceas son comunes en las aguas de cuencas graníticas e ígneas y especialmente en aguas con un cierto grado de materia orgánica disuelta y bajas concentraciones de calcio y magnesio (Wetzel, 1981). Esto ocurre en los lagos señalados con la presencia de Cosmarium, Staurastrum y Staurodesmus, donde los iones Ca y Mg son dominantes aunque sus concentraciones son muy bajas. Las euglenoideas se desarrollan en aguas poco profundas ricas en materia orgánica y las cianofitas en ambientes con baja relación N/P, tal como fuera mencionado para algunos lagos glaciares en verano, estudiados por INALI (1972) donde los valores de nitrato y fósforo sugieren valores de la relación particularmente bajos, que explicarían la presencia de cianofíceas (Margalef, 1983). La presencia de Asterionella formosa fue mencionada por Thomasson (1963) e Izaguirre et al. (1990) como una especie presente en numerosos lagos cordilleranos profundos. En general, A. formosa es dominante en ambientes meso a eutróficos (Reynolds, 1984) y su abundancia en el lago Buenos Aires, podría relacionarse con el mayor contenido de sales de este lago, que presenta la mayor conductividad de los lagos cordilleranos profundos muestreados. En este lago gran parte de la superficie oriental está asentada sobre la estepa patagónica, donde las bajas precipitaciones y el balance hídrico negativo del área circundante influyen en

una mayor concentración relativa en sales de las aguas. Las categorías tróficas basadas en la concentración de nutrientes y clorofila, definen grandes grupos, pero el estudio de la composición y la estructura de las distintas fracciones del fitoplancton de esos lagos permite comparaciones más precisas, ya que muchas veces estos organismos responden a concentraciones muy bajas de sales y nutrientes que los métodos químicos no llegan a detectar (Tilman et al., 1986; Sommer, 1989).

Según Margalef (1983) los lagos tienen diversidades de 1 a 3, mayor en los oligotróficos (1,8-3) que en los eutróficos (0,7-2); y mayor en los lagos grandes y menor en los pequeños. Estos resultados son coincidentes con los registrados para los lagos estudiados en la Provincia de Santa Cruz, tanto en los andinos oligotróficos grandes y Cardiel en la meseta patagónica como se puede ver en el siguiente resumen.

Diversidad específica	Sitio 1 sup	Sitio 1 fondo	Sitio 2 sup	Sitio 2 Fondo
<b>Argentino</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>
<b>Cardiel</b>	<b>1,6</b>	<b>1,8</b>	<b>1,4</b>	<b>0,6</b>
<b>Pueyrredon</b>	<b>1,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>
<b>Buenos Aires</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>

**Tabla 7 : Criterios de clasificación trófica tomados e la literatura específica**

	Vollenweider '68			Wetzel '81		Wetzel '01		OECD '82		Margalef '83	
	Secchi (m)	Biomasa (g/m <sup>3</sup> )	Cl a (mg/m <sup>3</sup> )	PT (µg/L)	NT (µg/L)	Secchi (m)	PT (µg/L)	NT (µg/L)	PT (µg/L)	NT (µg/L)	densidad cell/ml
Ultra-oligotrófico	>4,6	< 1	< 2	< 1-5	< 200	----	< 8	< 661			
Oligotrófico	>4,6	1-3	< 2	----	----	> 5,4	8	661			10-100
Oligo-mesotrófico	4,5-3,8	----	2,1-2,9	5-10	250-600	----	----	----			----
Mesotrófico	3,7-2,4	3-5	3-6,9	10-30	500-1100	4,2	27	753			----
Meso-eutrófico	2,3-1,8	----	7-9,9	10-30	1500	----	----	----			----
Eutrófico	< 1,7	5-10	> 10	30-100	< 1500	2,4	----	----			100-10000
Hiper-eutrófico	----	> 10	----	> 100	----	< 0,5	----	----			10000-1000000

Buenos Aires	Palavicini	3.30	0.0033	0.45	9.40	34.0	3.30	9.40	34.0	88
Pueyrredón	Suyai	7.00	0.007	0.30	2.35	27.5	7.00	2.35	27.5	57
Pueyrredón	Bahía Mondelo	8.00	0.008	0.42	2.95	42.0	8.00	2.95	42.0	105
Cardiel	Pescadores	1.30	0.0013	0.72	340.65	291.1	1.30	340.7	291.1	467
Argentina	De Los Tres	2.05	0.00205	0.28	3.12	13.8	2.05	3.12	13.8	37

## Estado trófico

En la Tabla 8 se presentan los resultados de las estimaciones de la clorofila *a* esperada a partir de aplicar las ecuaciones propuestas por Quirós (1988), referidas como Q1, Q2, Q3, y las propuestas por Reynolds (1992) citadas como R1 y R2. Se resaltan en sombreado los valores estimados que arrojaron valores similares a los observados. En el caso de las Bahías Suyai y Mondelo del Lago Pueyrredón el mejor ajuste se da con la ecuación Q1 donde la clorofila *a* es función del fósforo total. Estos resultados guardan relación con lo supuesto mas arriba sobre que la altas relaciones N/P indicaban una limitación por fósforo. También se observa una buena aproximación cuando se emplean la ecuación R2 propuesta por Reynolds (1992) que considera el Nitrógeno inorgánico disuelto. Esta situación puede implicar que haya una situación de equilibrio que sostiene al fitoplancton. En el Lago Argentino, Bahía de los Tres, también es la Ecuación Q1 la que mejor predice la clorofila observada. En el caso de la Bahía Pescadores del Lago Cardiel ninguna ecuación permite realizar un buen ajuste entre los valores estimados y los observados.

Tabla 8. Estimación de la concentración de clorofila a

		Parámetros que afectan estado trófico				
		Transp.	PT	PRS	TON	NID
		(m)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)
Lago Buenos Aires	Pallavicini	3.30	9.40	1.88	34.0	1.43
Lago Pueyrredón	Suyai	7.00	2.35	0.83	27.5	2.05
Lago Pueyrredón	Bahía Mondelo	8.00	2.95	0.45	42.0	3.45
Lago Cardiel	Pescadores	1.30	340.7	342.7	291.1	0.75
Lago Argentino	De Los Tres	2.05	3.12	0.42	13.8	5.20

		Concentraciones de Clorofila a según Quirós (1988) y Reynolds (1992)					CHLa Observada
		Q1	Q2	Q3	R1	R2	mg/m3
		mg/m3					
L Buenos Aires	Pallavicini	1.48	2.66	2.85	0.96	0.17	0.45
L Pueyrredón	Suyai	0.25	1.94	0.95	0.75	0.25	0.30
L Pueyrredón	Bahía Mondelo	0.33	3.64	0.78	0.60	0.42	0.42
L Cardiel	Pescadores	151.68	63.87	11.10	2.28	0.09	0.72
L Argentino	De Los Tres	0.36	0.70	5.71	0.58	0.63	0.28
Quiros (1988)	Q1	LN Cla = -2,5+1,29*LN(PT)					
	Q2	LN Cla = -4,24+1,48*LN(TN)					
	Q3	LN Cla =2,79-1,46*LN(SDT)					
Reynolds (1992)	R1	LOG Cla = 0,585*LOG(PRS)+0,801					
	R2	1 mg Cla = 8,3 mg NID					



El estado trófico de todas las bahías estudiadas puede definirse como oligotrófico (ó menor). Lógicamente los criterios para tomar las decisiones no se basan en un único parámetro, tal como se puede consultar en la Tabla 7. Los rangos de valores que se resumen en dicha Tabla están basados en que el aumento en el aporte de nutrientes elevará la concentración del P y N en la columna de agua, conforme el ciclo de renovación de cada cuerpo de agua en cuestión. El aumento de la concentración promueve un mayor desarrollo del fitoplancton que según sean las relaciones y valores absolutos de nutrientes limitantes, por ejemplo las ya comentadas de N/P y Si/P, condicionarán las especies presentes. Cada célula algal de cada especie posee una morfología que define su volumen y por lo tanto influirá en forma diferente sobre la biomasa fitoplanctónica. El incremento de la comunidad fitoplanctónica en si mismo desencadenará varios efectos. Por ejemplo, consumirá nutrientes y manifestará un efecto de sombra por el propio aumento de sus números poblacionales. Incluso las especies pueden reemplazarse unas por otras, según sea la calidad del agregado eutroficante. Se puede ver en la Fig. 12a que, en principio podría existir ese efecto al disminuir la transparencia. En el caso de la piscicultura intensiva, el uso masivo que requiere la alimentación del agregado de pellets, promueve que las relaciones N/P tiendan a 3/1. Es decir que la propia actividad condiciona un ambiente de relación N/P baja y con valores absolutos de concentración elevados. En este marco, los ambientes bajo estudio tienen características generales oligotróficas, aunque el Lago Cardiel, posee altas concentraciones de P, bajas relaciones N/P y la presencia de cianofitas en la composición del fitoplancton. Los valores de clorofila a fueron bajos en el muestreo realizado, pero otros parámetros como el PT ó la presencia de cianofitas, indican que el trofismo de este cuerpo de agua está en un límite de oligotrofia hacia situaciones tróficas mas altas. Finalmente debe recordarse que existen tres situaciones que deben darse para que se manifieste una floración masiva de algas; altas concentraciones de nutrientes por vertidos, período prolongado de aguas calmas y altas temperaturas, situaciones que son necesarias de ser monitoreadas para identificar cambios intra e interanuales en los lagos, especialmente en el Cardiel.

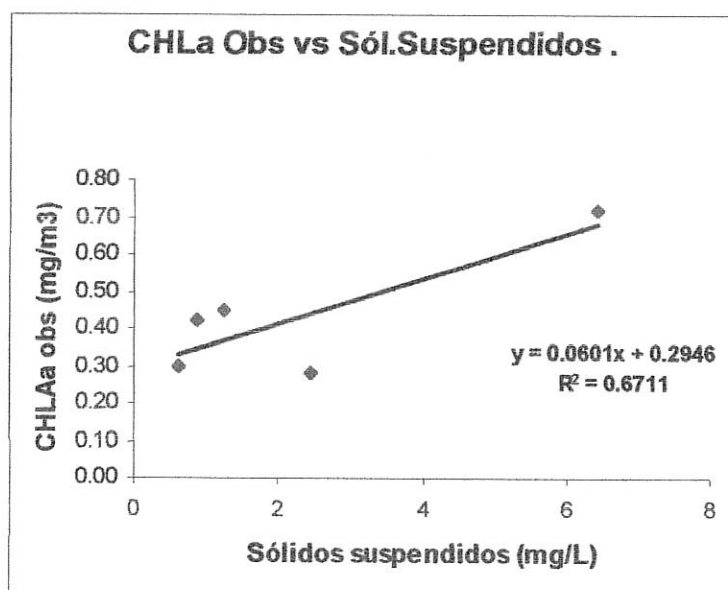
En el caso del Lago Cardiel los colegas de la SpyAP suministraron información complementaria batimétrica durante el Taller en Río Gallegos. Los

perfiles muestran que la Bahía de los Pescadores tiene una baja profundidad que no supera los 15-20 m de máxima y alrededor de 10 de valor medio y con un perfil típico de palangana. A su vez se le suma el hecho de ser un ambiente cerrado sin renovación del agua que permita el lavado de eventuales aportes por actividades de cría. Entonces, es de esperar que el cuerpo de agua actúe acumulando materia orgánica. Finalmente, posee algas cianofitas que, aún sin ser tóxicas, plantean al igual que otros grupos algales un eventual desarrollo masivo si se combinan las tres situaciones típicas y esperables para el desarrollo de floración algal: es decir, alta concentración de nutrientes, aumento de temperatura del agua en verano y épocas de calma de vientos. Esta situación irá en desmedro de las poblaciones naturales que hoy día han sido referenciadas como de brindar un producto de cosecha continuo. Se sugiere que se mantenga y se controle esta actividad pesquera y no se promocióne la acuicultura intensiva.

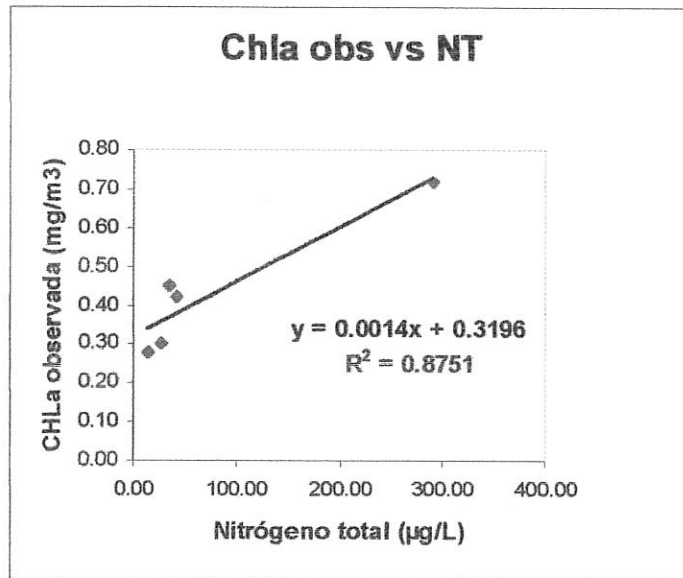
La Bahía Suyai del Lago Pueryrredón presenta una situación que debe ser tenida en cuenta. Esta Bahía recibe un aporte antrópico de vertidos originados por la actividad turística. Probablemente en esta etapa los mismos sean de poca relevancia. Sin embargo, debe considerarse que también este tipo de aportes promueven relaciones N/P bajas, por el alto contenido en P y de amonio.

Figura 12. Relación de la clorofila a (CHLa) observada en función de la concentración de los sólidos suspendidos (3a) y del Nitrógeno total (NT) (3b).

12a



12b



## Parámetros Morfométricos

Las Tablas 9 a 15, muestran los parámetros de sensibilidad, efecto y dosis calculados para las cuatro bahías estudiadas. Las siguientes abreviaturas son empleadas:

P: Perímetro; A: Area; V: Volumen; Zmax: Profundidad máxima; Lmax: Largo máximo  
 Amax: Ancho máximo; Zmed: profundidad media; Ff: Factor de forma;  
 p: Pendiente; DLC: Desarrollo de Linea de Costa; E: Exposición; Fe: Fetch efectivo  
 FA: Fondo de Acumulación; FE: Fondo de erosión; FT: fondo de transporte.

Tabla 9: Parámetros de Tamaño

Lago	Bahía	P (km)	A (km <sup>2</sup> )	V (hm <sup>3</sup> )	Zmax (m)	Lmax (km)	Amax (km)
Buenos Aires	Palavicini	12,6	8,62	389,2	35,0	2,70	4,35
Pueyrredón	Suyai	4,1	0,65	23,4	80,0	0,96	1,07
	Mondelo	3,0	0,45	12,3	90,0	1,18	1,07
Argentino	De los Tres	9,2	5,03	59,8	29,0	2,52	2,39

Tabla 10:  
Parámetros de Forma

Lago	Bahía	Zmed (m)	Ff	p (%)	DLC
Buenos Aires	Palavicini	22,6	5,4	1,3	1,2
Pueyrredón	Suyai	36,0	1,4	8,3	1,4
	Mondelo	27,2	0,9	7,6	1,3
Argentino	De los Tres	11,9	1,4	1,0	1,2

Las áreas de las bahías variaron entre 0.45 (Bahía Mondelo) y 8.62 km<sup>2</sup> (Bahía Palavicini). Estas mismas bahías fueron las que también presentaron los extremos de volúmenes (12.3 y 389.2 hm<sup>3</sup>, respectivamente). Las profundidades

medias variaron entre 11.9 y 36.0 m, con profundidades máximas entre 29.0 m para la bahía de los Tres y 90.0 m en la bahía Mondelo.

La bahía de mayor longitud y mayor ancho resultó ser la Bahía Palavicini en el lago Buenos Aires con 2.70 km y 4.35 km, respectivamente; mientras que en el resto de las bahías, las longitudes máximas variaron entre 0.96 y 2.52 km con anchos máximos entre 1.07 y 2.39 km.

Tabla 11:  
Parámetros  
Especiales

Lago	Bahía	E (%)	Fe (km)
Buenos Aires	Palavicini	54,8	19,1
Pueyrredón	Suyai	47,0	0,1
	Mondelo	52,8	1,7
Argentino	De los Tres	29,0	6,9

Tabla 12: Parámetros de  
Procesos

Lago	Bahía	FA (%)	FE (%)	FT (%)
Buenos Aires	Palavicini	0,9	17,6	81,5
Pueyrredón	Suyai	2,5	73,5	24,0
	Mondelo	1,9	103,6	-5,6
Argentino	De los Tres	0,7	59,2	40,0

El desarrollo de Línea de costa, es un parámetro morfométrico que refleja el potencial de un lago o bahía para el desarrollo de comunidades litorales, refugio de la biota, etc. En este sentido este parámetro no mostró grandes diferencias entre las bahías variando entre 1.2 y 1.4. Los dos valores mayores correspondieron a las bahías del Lago Pueyrredon, lo cual guarda relación con que tanto la Bahía Suyai como la Mondelo presentaron mayor área de colonización de macrófitas.

La pendiente es uno de los parámetros morfométricos importantes relacionado con la sedimentación de partículas (Håkanson *et al.*, 1981). De acuerdo con este autor, el material fino (arena fina, limo y arcilla) se depositaría en forma diferencial con pendientes mayores a 4.6 %. En este sentido, las bahías Suyai y Mondelo presentaron pendientes mayores a 4.6 % (8.3 y 7.6 %, respectivamente) coincidente con las mayores profundidades máximas registradas; mientras que las bahías Palavicini y de los Tres mostraron pendientes mucho más bajas y similares (1.3 y 1.0, respectivamente) también en relación a sus comparativamente menores profundidades máximas.

La exposición o apertura topográfica (según Håkanson *et al.*, 1988), describe cuan expuesta es una costa a los vientos y olas desde el cuerpo principal del cuerpo de agua. En las bahías estudiadas, las mayores exposiciones fueron obtenidas en las bahías Palavicini (54.8 %), mientras que la bahía de menor exposición fue la bahía de los Tres en el lago Argentino (29.0 %). Las otras dos bahías presentaron exposiciones similares (47.0 % Bahía Suyai y 52.8 % Bahía Mondelo).

El fetch efectivo es una medida de la superficie de agua abierta sobre la cual los vientos pueden actuar sobre las olas (Håkanson *et al.*, 1988). Cuanto mayor es el fetch efectivo mayor serán las olas. Este es un importante parámetro que relaciona el viento, las olas y el tipo de fondo. El mayor fetch efectivo fue calculado en la bahía Palavicini (19.1 km) mientras que la bahía de los tres presentó un fetch de 6.9 km. Las otras dos bahías mostraron fetch bajos (0.1 km en bahía Suyai y 1.7 km en bahía Mondelo). Según la relación presentada por Hakanson (1981), entre el fetch efectivo y la altura de las olas y considerando que los vientos predominantes en todas las bahías son del Oeste con una velocidad promedio de 40 Km/hs, la altura de las olas en las cuatro bahías estudiadas estaría entre 0.20 y 0.80 m.

Para la instalación de jaulas de cría es importante tipificar el tipo de sedimento de las bahías a ser utilizadas, especialmente distinguir entre: 1) áreas de erosión, donde no hay una aparente deposición de material fino (por ejemplo fondos de arena, grava, arcilla consolidada y/o rocas); 2) áreas de transporte, donde el material fino es periódicamente depositado (por ejemplo fondos con mezclas de sedimentos) y 3) áreas de acumulación, donde el material fino es depositado continuamente (por

ejemplo áreas de fondos blandos). Los resultados obtenidos muestran que los fondos de acumulación para todas las bahías resultaron bajos (0.7 y 2.5 %); los fondos de erosión fueron los predominantes en tres de las cuatro bahías (entre 59.2 y 100 %) salvo en la bahía Palavicini donde el fondo de erosión fue del 17.6 %. Para esta misma bahía, el fondo predominante fue el de transporte (81.5 %). En el resto de las bahías, el fondo de transporte varió entre el 24.0 % y el 40.0 %. Estos resultados guardan relación con las texturas medidas en los sedimentos colectados en los diferentes sitios de muestreo en cada una de las bahías estudiadas. En todos los casos, las fracciones finas (arcillas y limos) resultaron en promedio bajas (1.85 y 0.028 %, respectivamente); por otro lado la principal fracción medida correspondió a la arena fina (entre 0.25 y 0.05 mm) con un valor promedio de 98.12 % (Tabla 13).

Del alimento aportado a las jaulas de cría y que no es consumido por los peces, gran parte es depositado en el fondo y una proporción relativamente alta es disuelta en el agua. Estudios realizados por Temporetti (1998) en establecimientos piscícolas ubicados en el embalse Alicura, demostraron que el alimento y heces depositado en el fondo comienza a acumularse, incrementando la concentración de nutrientes y materia orgánica del sedimento. Este factor es importante al momento de seleccionar el sitio adecuado para la instalación de jaulas de cría. En este sentido, para todas las bahías seleccionadas en general el fondo está dominado por procesos de erosión y transporte. Esto provocaría que la materia orgánica acumulada debajo de las jaulas de cría se vea minimizada y los desechos provenientes de las jaulas se distribuyan en el agua y los sedimentos de los alrededores del establecimiento piscícola. Sin embargo, es recomendable que en el futuro se realicen estudios de corrientes de agua para corroborar el sentido y la velocidad del transporte.

En cuanto a los parámetros de efecto, el disco de secchi promedio resultó, para todas las bahías, de 5.1 m (2.0-8.0 m). Por otro lado, la concentración de clorofila *a* promedio fue de 0.36 mg/m<sup>3</sup>, variando entre 0.28 y 0.42 mg/m<sup>3</sup>.

Tabla 13: Parámetros físico-químicos y textura de los sedimentos

		pH	Eh	Arcilla	Limo	Arena muy fina
			(mV)	(%)	(%)	(%)
<b>Lago Buenos Aires Bahía Pallavicini</b>	Sitio 1 W	7.05	329	1.76	0.01	98.23
	Sitio 2 E	7.09	169	1.79	0.02	98.19
<b>Lago Pueyrredón Bahía Suyai</b>	Sitio Centro	7.3	318	1.96	0.04	97.99
	Sitio Oeste	7.22	245	1.97	0.05	97.98
<b>Lago Pueyrredón Bahía Mondelo</b>	Sitio Boca	7.44	-179	2.00	0.02	97.98
	Sitio Bahía	7.18	-100	2.01	0.03	97.96
<b>Lago Cardiel Bahía de los Pescadores</b>	Sitio 1	9.08	-10.1	1.49	0.03	98.48
	Sitio 2	8.96	-6.5	1.58	0.02	98.41
<b>Lago Argentino Bahía de Los Tres</b>	Sitio 1	6.67	511	1.97	0.02	98.01
	Sitio 2	6.45	530	2.01	0.04	97.96

En relación a los parámetros de dosis, la concentración de PT promedio fue de  $4.45 \text{ mg/m}^3$  (rango =  $2.3\text{-}9.4.0 \text{ mg/m}^3$ ). La fracción soluble del fósforo representó entre el 12.9 % y el 34.8 % del fósforo total; en promedio para las cuatro bahías el PRS fue de  $0.9 \text{ mg/m}^3$ . El NT varió entre  $19.0$  y  $45.5 \text{ mg/m}^3$  (promedio =  $32.3 \text{ mg/m}^3$ ). La fracción inorgánica del nitrógeno (NID) representó entre el 3.9 % y el 27.4 % del NT (promedio =  $4.8 \text{ mg/m}^3$ ).



Tabla 14:  
Parámetros  
de efecto

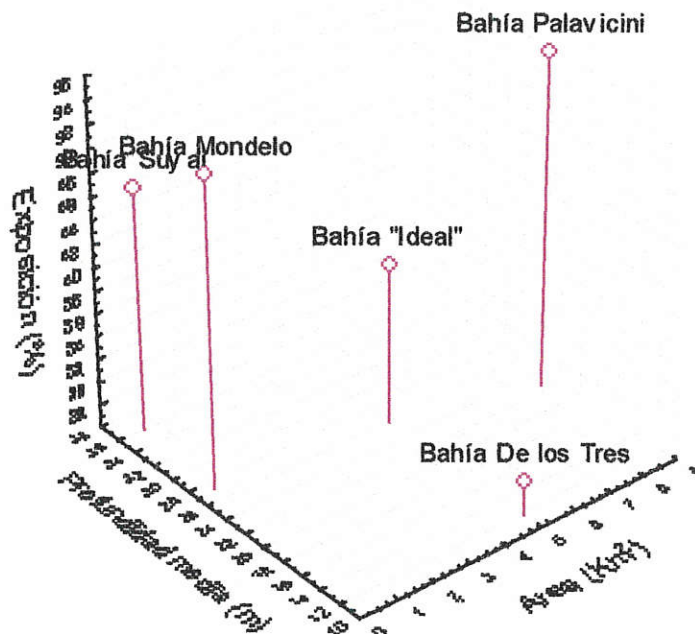
Lago	Bahía	Secchi (m)	Cl a (mg/m <sup>3</sup> )
Buenos Aires	Palavicini	3,3	0,44
Pueyrredón	Suyai	7,0	0,30
	Mondelo	8,0	0,42
Argentino	De los Tres	2,0	0,28

Tabla 15:  
Parámetros  
de Dosis

Lago	Bahía	PT (mg/m <sup>3</sup> )	PRS (mg/m <sup>3</sup> )	NT (mg/m <sup>3</sup> )	NID (mg/m <sup>3</sup> )
Buenos Aires	Palavicini	9,4	2,0	35,3	1,4
Pueyrredón	Suyai	2,3	0,8	29,5	2,6
	Mondelo	3,0	0,5	45,5	10,1
Argentino	De los Tres	3,1	0,4	19,0	5,2

Las bahías estudiadas fueron graficadas en función de combinación de tres parámetros (uno de tamaño, otro de forma y otro especial). En este sentido y a los efectos de poder comparar las bahías seleccionadas se definió, en primer lugar, las características que debería tener una bahía "ideal" para la instalación de pisciculturas. Se buscó que esta bahía "ideal" tuviera una profundidad máxima de alrededor de 60 m; una profundidad media de 26.0 m; un área de 5 km<sup>2</sup>; un factor de forma de 3.5, una exposición de 40 %, una pendiente de aproximadamente 5 % y un Fetch efectivo de 5 km. Esta bahía denominada "Ideal" se definió arbitrariamente y no significa que esta bahía sea la que mayor capacidad de carga pueda sostener. En este sentido, estos gráficos sirven para comparar ciertos parámetros morfométricos entre esta bahía "ideal" y esos mismos parámetros medidos en las Bahías estudiadas. Según la combinación de los tres parámetros graficados, una bahía puede ser mas apta o no para la instalación de pisciculturas.

Fig. 13: Ubicación de las Bahías estudiadas respecto a una Bahía "Ideal" según los parámetros de Área, Profundidad Media y Exposición.



La Fig.13 se grafican el Área, la Profundidad media y la Exposición de las bahía. Podemos observar que la Bahía Palavicini presenta un área grande y una profundidad media importante pero mucha exposición; por otro lado, las Bahías Suyai y Mondelo presentan una muy buena profundidad media pero muy poca área y mucha exposición. La Bahía de los Tres, sin embargo, presenta la más baja exposición y un área grande, posee una baja profundidad media. La Fig. 14, muestra como se ubican las bahías respecto de la "Ideal" en cuanto al Área, Profundidad Media y Fetch Efectivo. En ella podemos observar que las Bahías Suyai y Mondelo, a pesar de tener áreas pequeñas, poseen profundidades medias importantes y son las que tiene menor Fetch Efectivo haciéndolas, en este sentido, las mas aptas para la instalación de jaulas de cría. Similares resultados pueden observarse en la Fig. 15, donde se comparan las Bahías respecto del Área, la Pendiente y el Fetch Efectivo.

Fig. 14: Ubicación de las Bahías estudiadas respecto a una Bahía "Ideal" según los parámetros de Factor de Forma, Pendiente y Fetch Efectivo.

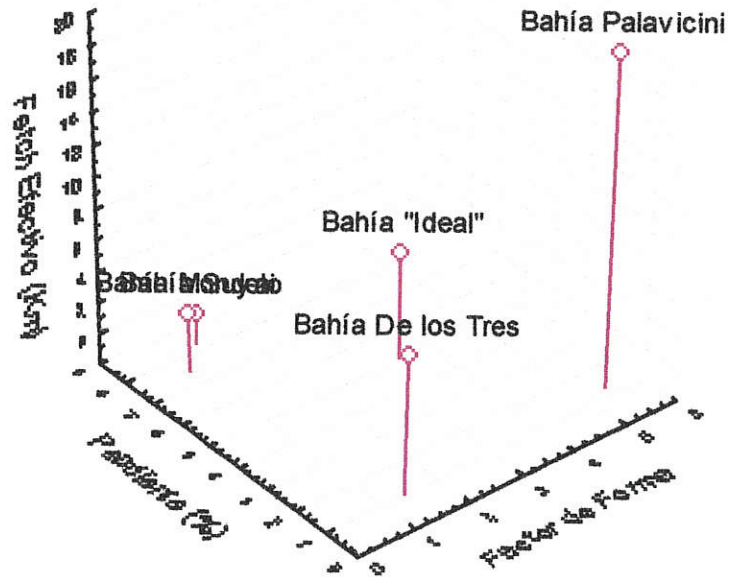
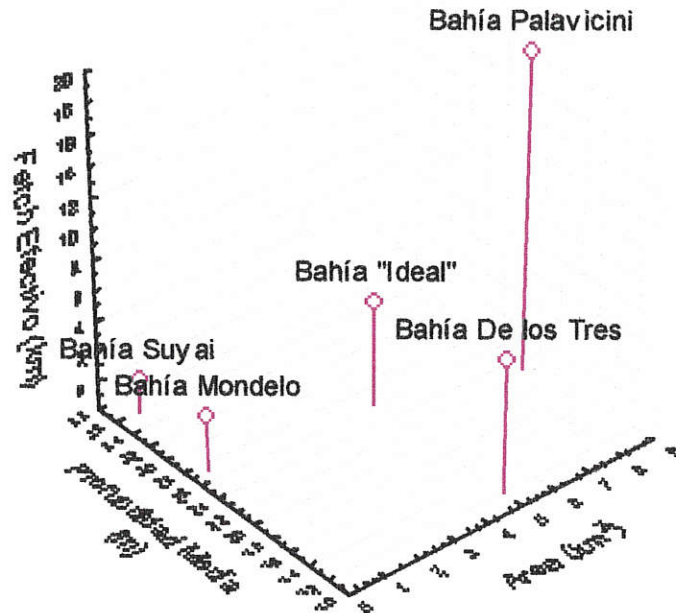


Fig. 15: Ubicación de la Bahías estudiadas respecto a una Bahía "Ideal" según los parámetros de Área, Profundidad Media y Fetch Efectivo



Un parámetro importante a tener en cuenta en la selección de un sitio para la instalación de jaulas de cría, es el tiempo de residencia del agua en la bahía. En este sentido, Hakanson (1988) propone una ecuación para calcularlo a partir de algunos parámetros morfométricos simples de determinar. Aunque pudiera existir un valor umbral de profundidad máxima, es decir que mejoraría la situación de la bahía, se debe considerar que también incrementa el volumen. Sin embargo si la bahía es muy cerrada, es decir con poca exposición, el aumento de la profundidad máxima no mejoraría necesariamente la condición de aptitud de la bahía por cuanto incrementa el volumen y aumenta el tiempo de residencia del agua, lo cual incrementaría el estado trófico de la bahía en particular y del cuerpo de agua en general.

## Capacidad de Carga

En la Tabla 14 se muestran los resultados de los balances de masas calculados para las cuatro bahías estudiadas. Los aportes de fósforo por vías naturales resultaron bajo en todas las bahías. Los aportes por escorrentía fueron la principal vía de entrada externa de fósforo variando entre 1.7 y 5.8 TnP/año, lo que representó entre el 91 y casi el 100 % de los aportes naturales de fósforo. Las cargas de fósforo aportadas por los afluentes a las diferentes bahías fueron, en promedio, de 0.24 TnP/año, mientras que la precipitación solo aporta entre 0.002 y 0.009 TnP/año.

Tabla 14: Aportes de PT a las bahías estudiadas por diferentes fuentes

	Escorrentía (Tn/año)	Precipitación (Tn/año)	Afluentes (Tn/año)	Total Aportes (Tn/año)
Bahía Pallavicini	5,8	0,009	0,60	<b>6,4</b>
Bahía Suyai	1,9	0,003	0,02	<b>1,9</b>
Bahía Mondelo	1,9	0,002	0,06	<b>2,0</b>
Bahía de los Tres	1,7	0,009	---	<b>1,7</b>

Tabla 15 : Tw, y concentraciones de pT y clorofila

	TW (días)	1/TW (1/años)	PT observado (mg/m <sup>3</sup> )	Cla estimada (mg/m <sup>3</sup> )	Cla observada (mg/m <sup>3</sup> )
Bahía Pallavicini	273	1,3	9,4	1,48	0,44
Bahía Suyai	27	13,6	2,3	0,24	0,30
Bahía Mondelo	18	20,3	3,0	0,34	0,42
Bahía de los Tres	106	3,4	3,1	0,36	0,28

A partir de los datos obtenidos (morfométricos y de cargas), se aplicó el modelo de predicción trófica propuesto por Dillon y Rigler (1974), para calcular la capacidad máxima de producción considerando cuatro concentraciones diferentes de clorofila a que, de acuerdo a diferentes autores, representan un estado trófico de cada bahía no superior al 52 % de Oligotrofia, 45 % de Mesotrofia y 3 % de Eutrofia.

En la Tabla 15, se muestran los resultados de las concentraciones de fósforo total y de clorofila a medidas en cada una de las bahías y la concentración de clorofila a estimada por el modelo utilizado. Esto es que el modelo de Dillon y Rigler (1974) en conjunto con las ecuaciones de Quirós predicen bien la concentración de clorofila a en estos ambientes.

En la Tabla 16 se muestra los resultados obtenidos. Las cuatro concentraciones de Clorofila a, generan cuatro concentraciones de fósforo total a alcanzar que varían entre  $5.3 \text{ mg/m}^3$  (para  $0.70 \text{ mg/m}^3$  de Cl a) y  $16.3 \text{ mg/m}^3$  (para  $3.00 \text{ mg/m}^3$  de Cl a).

Tabla 16: Cargas máximas de producción de peces en función de las concentraciones máximas de clorofila a. Comparación con las cargas equivalentes por otras fuentes

	Bahía Pallavicini				Bahía Suyai			
[Cl a final en el ambiente] ( $\text{mg/m}^3$ )	0,70	1,00	2,00	3,00	0,70	1,00	2,00	3,00
[PT máximo alcanzado con la Cl a final] ( $\text{mg/m}^3$ )	5,3	6,9	11,9	16,3	5,3	6,9	11,9	16,3
[PT esperado por producción] ( $\text{mg/m}^3$ )	3,0	4,6	9,6	14,0	3,0	4,6	9,6	14,0
Producción calculada (Tn/año)	<b>67,8</b>	<b>106,0</b>	<b>219,0</b>	<b>319,0</b>	<b>82,9</b>	<b>130,0</b>	<b>268,0</b>	<b>390,0</b>
Carga de PT aportada por producción (Tn/año)	2,0	3,2	6,7	9,6	2,5	3,9	8,0	11,7
Carga de PT equivalente en N° de Habitantes	2740	4383	9178	13150	3425	5342	10959	16027

	Bahía Mondelo				Bahía de los Tres			
[Cl a final en el ambiente] ( $\text{mg/m}^3$ )	0,70	1,00	2,00	3,00	0,70	1,00	2,00	3,00
[PT máximo alcanzado con la Cl a final] ( $\text{mg/m}^3$ )	5,3	6,9	11,9	16,3	5,3	6,9	11,9	16,3
[PT esperado por producción] ( $\text{mg/m}^3$ )	2,3	3,9	8,9	13,3	2,2	3,8	8,8	13,2
Producción calculada (Tn/año)	<b>49,4</b>	<b>86,0</b>	<b>194,0</b>	<b>290,0</b>	<b>38,7</b>	<b>68,3</b>	<b>157,0</b>	<b>235,0</b>
Carga de PT aportada por producción (Tn/año)	1,5	2,6	5,8	8,7	1,2	2,1	4,7	7,0
Carga de PT equivalente en N° de Habitantes	2055	3562	7945	11918	1644	2877	6438	9589

Las capacidades de producción calculadas variaron entre 67.8 y 319.0 Tn/año de peces para la bahía Pallavicini; 82.9 y 390.0 Tn/año de peces para la bahía Suyai, 49.4 y 290.0 Tn/año de peces para la bahía Mondelo y 38.7 y 235.0 Tn/año de peces para la bahía De los Tres.

Estas producciones calculadas generarán una carga de fósforo al sistema que variará entre 1.2 y 11.7 TnP/año (Tabla 16). Según el criterio trófico final que se desee adoptar. Es importante, contrastar estos aportes con aquellos que se esperan

de un asentamiento humano equivalente. Las mismas Tablas muestran las cargas de fósforo que se esperan de una población hipotética que no posea tratamiento de aguas servidas. Los números de habitantes oscilan entre 2055 y 16027 entre la situación de menor y la de mayor estado trófico. Por ejemplo, si se considera el caso del Lago Argentino, la carga máxima de P estimada por aporte de acuicultura corresponde a una población de 9589 habitantes (considerando una tasa de aportación de 2 gP por día y por habitante, Golterman y Kowe 1980). Este aporte de P si se alcanzara la producción máxima planteada es 50% inferior a la que actualmente se espera esté aportando la población de Calafate (aprox. 17000 habitantes).

### **Efectos de la acuicultura y acciones a realizar tendientes a su sustentabilidad y regulación:**

La acuicultura en general, es una de las industrias que mas agua utilice por unidad de producción (Warrer-Hansen, 1982). En este sentido y, también, como cualquier otra industria genera un impacto ambiental que debe ser minimizado de manera de utilizar el recurso agua de manera racional y sustentable.

Los potenciales impactos ambientales causados por la acuicultura dependerá del tipo (magnitud, manejo, controles) de actividad a desarrollar y de las características físicas, químicas y biológicas de los sitios donde se llevará a cabo la producción.

Los potenciales impactos ambientales asociados a la acuicultura Intensiva son:

Eutroficación del cuerpo de agua por incremento de los nutrientes

Incremento en el crecimiento algal

Enriquecimiento orgánico del bentos

Incremento de la DBO en el agua

Cambios en las poblaciones bacterianas naturales

Alteración de las comunidades de peces nativos

Interacción entre especies escapadas cultivadas y especies naturales.

Efectos por el uso de químicos (bactericidas, antibióticos, etc.).

Disturbios en las comunidades naturales.

Tabla 17: Comparación de parámetros químicos en agua de río, pisciculturas y aguas residuales urbanas sin tratar

	Agua de Río	Efluente de pisciculturas	Aguas residuales domesticas
DBO	1,0 - 5,0	3,0 - 20,0	300,0
NT	1,0 - 2,0	0,5 - 4,0	75,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	----	0,2 - 0,5	60,0
PT	0,02 - 0,10	0,05 - 0,15	20,0
Sólidos Suspendidos	----	5,0 - 50,0	500,0

Unidades: mg/l

Tomado de: Warren-Hansen, 1982

Las siguientes acciones pueden proponerse para una adecuada planificación de la acuicultura intensiva:

Selección de los sitios de mayor aptitud atendiendo a las características de cada cuerpo de agua. Así, deben ser consideradas la morfometría, la renovación del agua, la composición inicial de nutrientes, la situación trófica del lago, tanto en términos de clorofila, transparencia y nutrientes. Conocer la composición específica de algas detectando posibles especies tóxicas. Caracterizar los sedimentos para relacionarlos con las aptitudes del fondo en cuanto a los riesgos de anoxia y liberación de nutrientes. Asimismo, determinar la calidad de los espacios acuáticos por su respuesta a procesos de erosión, transporte y acumulación de metabolitos y residuos.

Fomentar y controlar la mejor forma de manejo del establecimiento. Un aspecto crucial es la tasa de conversión alimento:pez y el contenido de nutrientes (N y P) en los alimentos balanceados. Asimismo, la forma de alimentación que optimice la entrega de pellets y la captación por el pez en su alimento diario. Estas acciones son de mucha importancia para cuidar el medio ambiente y no proporcionar una carga externa de nutrientes innecesaria.



Valoración del impacto ambiental: realizar monitoreos previos a la concesión de las instalaciones de cría. Identificar los procesos de mayor significancia que se esperen del análisis de las condiciones comentadas en el párrafo anterior.. Emplear metodologías standarizadas en el seguimiento de las condiciones de temperatura y químicas del ambiente. Para ello será necesario monitorear las concentraciones de oxígeno, especialmente hipolimnético y en verano, las concentraciones de amonio y P disuelto. Considerar que determinados procesos nocivos se desencadenan al llegar a valores umbrales, no siempre predecibles con anticipación. En este sentido, espialmente en el verano debe monitorearse a diario si las condiciones climáticas son de poca o nula intensidad de viento, fuerte insolación y baja renovación del agua.

El crecimiento de la producción no debe realizarse de manera abrupta sino en forma escalonada, en paralelo a los monitoreos antes comentados, de modo de alcanzar los valores máximos de producción en forma lenta. Esta situación ayudará a que al mismo tiempo que el ambiente no sufra un impacto inicial fuerte, tenga tiempo de recuperación. Una vez alcanzado los valores máximos, o incluso sin ser los máximos pero bajo producción continua, debe plantearse la rotación de las jaulas de cría a otros sitios.

Las autoridades deben plantear la legislación que contemple lo arriba mencionada y el control de la actividad.

## CONCLUSIONES

Las bahías de los lagos andinos (Buenos Aires, Pueyrredón y Argentino) son oligotróficas, bien oxigenadas y con bajos contenidos de sales y nutrientes. La biomasa algal tanto a nivel de clorofila como de densidad y peso fresco son bajas en coincidencia con el estado oligotrófico. Las condiciones generales sugieren ser sitios aptos para la cría de peces.

Las condiciones morfométricas muestran que las bahías pueden caracterizarse bien según sus profundidades medias, fetch, pendiente del fondo y exposición. Los diferentes valores que adoptan marcan las condiciones de manejo futuro que a cada bahía debe considerarse.

Las producciones potenciales de salmónidos en jaulas oscilan entre: 68 y 319 ton/año para la B. Palavicini; entre 83 y 390 ton/año para la B. Suyai; 49 y 290 ton/año para la B. Mondelo y entre 39 y 235 ton/año para la B. De los Tres. Estos volúmenes corresponden para situaciones que no se sobrepasen las condiciones de oligotrofia.

Se recomienda que los volúmenes de producción sean alcanzados paulatinamente, con monitoreos constantes de las condiciones de manejo y ambientales.

En el caso de la Bahía de Pescadores del lago Cardiel no se recomienda la explotación intensiva.

## Bibliografía

- APHA 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *18th Ed. American Public Health Association, Washington*, 1134 pp.
- BAFFICO, G. y PEDROZO, F.L. 1996. Factors of growth controlling periphyton production in a temperate reservoir of Patagonia (Argentina) used for fishfarming. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*. 2(3/4):243-249.
- BAIGUN, C. y MARINONE, M. C. 1996. Cold-temperate Lakes of South America: Do they Fit Northern Hemispher Models? *Arch. Hydrobiol.*, 135(1): 23-51.
- BAIRD, D.; BEVERIDGE, M.; KELLY, L. Y MUIR, J. 1996. Aquaculture and water resource management. Blackwell Science. 219 pp.
- BASSANI, S.; CAVANNA, L. 1989. Salmonicultura comercial en Alicura. Potencial del embalse para la instalación de jaulas flotantes. Informe técnico de Hidronor. 33 pp.
- BEVERIDGE, M. C. 1986. Piscicultura en jaulas y corrales. Modelos para calcular la capacidad de carga y las repercusiones en el ambiente. *Fao Doc. éc.Pesca* 255.100.
- BOYD, C. 1982. Water quality management for pond fish culture. *Elsevier Amsterdam, London New York Tokyo*. 318 p.
- CALCAGNO, A.; FIORITI, M.J.; PEDROZO, F.L.; VIGLIANO, P.H.; LOPEZ, H.; REY, C.; RAZQUIN, M.C. y QUIROS, R. (Eds.) 1995. Catálogo de Lagos y Embalses de la Argentina. Ministerio Economía, Obras y Servicios Públicos, Secretaría de Obras Públicas, Subsecretaría de Recursos Hídricos. <http://www.mecon.ar/lagos/ind.htm>
- CAPUA, O.; LABOLLITA, H. Y PEDROZO, F.L. Estimación trófica de Los futuros embalses Chihuidos I y II. *Cong. Argentino de Grandes Presas y Aprovechamientos hidroeléctricos*. S.M.de Los Andes, 12-15/ 1999.
- CONZONNO, V. H.; MARIAZZI, A.A.; CASCO, M.A.; ECHENIQUE, R.; LABOLLITA, H.; PETROCCHI, M. 1981. Estudio limnológico en el Lago Pellegrini (Río Negro, Argentina). *Ecosur*. 8: 153-170
- COOKE, G. D.; WELCH, E. B.; PETERSON, S. A. y NEWROTH, P. R. 1986. Restoration and Management of Lakes and Reservoirs. *Lewis Pub.* 2<sup>nd</sup> Ed., 548 pp.
- CTA. 1999. Sustainable development of intensive aquaculture in the Andean-Patagonian region: environmental impact and agricultural reutilization of fish farming wastes. Summary report Union Europea STD-3 Project, 1992-1995

- DE BERNARDI, R; GIUSSANI, G. 1995. Guidelines of Lake Management. Volume 7. Biomanipulation in Lakes and Reservoirs Management. International Lake Environment Committee, United Nations Environment Programme. 211 pp.
- DIAZ, M. 1994. Fitoplancton de lagos Andino-patagónicos. Su relación con factores abióticos. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exáctas y Naturales, Universidad Nacional de Buenos Aires, 178 pp.
- DIAZ, M. M.; PEDROZO, F. L.; BACCALA, N. 2000 Summer classification of southern hemisphere lakes (Patagonia, Argentina). *Lakes & Res.:Research & Manag.*, 5:213-229.
- DIAZ, M. y PEDROZO, F. 1993. Seasonal succession of Phytoplankton in a small Andean-Patagonian lake (Rep. Argentina) and some considerations about the PEG Model. *Archiv für Hydrobiologie*, 127(2):167-184.
- DIAZ, M. y PEDROZO, F. 1994. Nutrientes limitantes del fitoplancton en lagos andino-patagónicos localizados a 41-42 °S; 72-69 °E. I Congreso Argentino de Limnología, III Reunión Argentina de Limnología, 19-23/9/1994. Tucumán, Argentina.
- DIAZ, M. y PEDROZO, F. 1995. Nannoplankton and trophic status of the Andean-Patagonian lakes, Argentina. XXVI SIL Congress, San Pablo, Brasil, 23 al 29/7/95.
- DIAZ, M. y PEDROZO, F. 1996. Nutrient limitation in Andean- Patagonian lakes at latitude 41°S. *Archiv für Hydrobiologie*, 138(1):123-135.
- DIAZ, M.; TEMPORETTI, P.; PEDROZO, F. L. 2001 Response of the phytoplankton community to nutrients from waste fishfarm. *Lakes & Res.:Research & Manag.*:6: 151-158.
- DIAZ, M; PEDROZO, F. & TEMPORETTI, P. 1998. Phytoplankton of two Araucanian Lakes of Differing Trophic Status (Argentina). *Hydrobiologia* 369/370: 45-57.
- DILLON, P. J. y. RIGLER, F. H. 1974. A Test of a Simple Nutrient Budget Model Predicting the Phosphorus Concentration in Lake Water. *J. Fish. Res. Board Can.*, 31: 1771-1778.
- ESTADÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ. Servicio Metreológico Nacional. Provisto por la Subsecretaría de Pesca de Santa Cruz.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. y. OHNSTAD, M. 1978. Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwater. *IBP Handbook, 8, Blackwell, London*
- GRASSHOFF, M.; EHRHARDT, K. y. KREMLING, K. 1983. Methods of seawater analysis. Grasshoff, M; Ehrhardt, K. and Kremling, K. (Ed.), 419 pp.

- HÅKANSON, L y PETERS, R. H. 1995. Predictive Limnology. Methods for Predictive Modelling. *SPB Academic Publishing*. 464 pp.
- HAKANSON, L. 1981. A manual of lake morphometry. Springer-Verlag. Heidelberg 78 p.
- HÅKANSON, L. y WALLIN, M. 1991. Use of Econometric Analysis to Establish Load Diagrams for Nutrients in Coastal Areas. In *Marine Aquaculture and Environment*, Nordic Council of Ministers, Copenhagen. 9-23.
- HÅKANSON, L. y JANSSON, M. 1983. Principles of Lake Sedimentology. *Springer-Verlag, Heidelberg*, 316 pp.
- HÅKANSON, L.; ERVIK, A.; MAKINEN, T. y MOLLER, B. 1988. Basic Concepts Concerning Assessments of Environmental Effects of Marine Fish Farms. *Nordic Council of Ministers; Copenhagen, Denmark*, 103 pp.
- HASHIMOTO, M; BARRETT, B. 1991. Directrices para la gestión de lagos. Volumen 2. Aspectos Socio-económicos de la Gestión de Lagos y Embalses. International Lake Environment Committee, United Nations Environmt. Programme. Nippon Foundation. 213 pp.
- HIDRONOR S.A. 1989. Salmonicultura comercial en Alicura. Potencialidad del embalse para la instalación de jaulas flotantes. *Informe Técnico Hidronor*, 60 pp.
- HORNE, A. J. y GOLDMAN, Ch R. 1994. Limnology. *MacGraw-Hill, Inc.* Second Edition, 576 pp.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. Mapas topográficos de Lago Buenos, Aires (Bahía Palavicini), Lago Posadas, Lago Argentino y Lago Cardiel.
- JØRGENSEN, S. E.. 1993. Guidelines of Lake Management. Volume 5. Management of lake acidification. International Lake Environment Committee, United Nations Environment Programme. 195 pp.
- JØRGENSEN, S. E.; MATSUI, S. 1997. Guidelines of Lake Management. Volume 8. The world's lakes in crisis. International Lake Environment Committee, United Nations Environment Programme. 184 pp.
- JØRGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R. A. 1989. Directrices para la gestión de lagos. Volumen 1. Principios Generales Sobre Gestión de Lagos. International Lake Environment Committee, United Nations Environment Programme. Nippon Foundation. 176 pp.

- JØRGENSEN, S. E.; LÖFFLER, H. 1995. Directrices para la gestión de lagos. Volumen 3. La gestión de la Costa del Lago. International Lake Environment Committee, United Nations Environment Programme. Nippon Foundation. 149 pp.
- LABOLLITA, H. y PEDROZO, F.L. 1997. Factors controlling trophic state of reservoirs at the basins of Limay, Neuquen and Negro rivers (Argentina). 7<sup>th</sup> Int. Conf. Lakes Conservation and Management. S.M.Andes, 27-31/10/97.
- LABOLLITA, H. y PEDROZO, F.L. 1998. Factors controlling trophic state of reservoirs at the basins of Limay, Neuquen and Negro rivers (Argentina). Newsletter, ILEC Found. 32.
- LABOLLITA, H.; TEMPORETTI, P.; PEDROZO, F. 1999. Phosphorous retention coefficient in Alicura and Piedra del Aguila Reservoirs (Patagonia, Argentina). 8<sup>th</sup>. Int. Conf. conservation and Management of Lakes, Copenhagen, Denmark, 17-21/5/99.
- LANNAN, J.; R. SMITHERMAN & G. TCHOBANOGLUS. 1986. Principles and Practices of Pond Aquaculture. *Oregon University Press, Corvallis, Oregon*. 252 p.
- LIKENS G. E. 1972. Nutrients and eutrophication. *Am. Soc. Limnol. Oceanog.* 21-38.
- LOPEZ, W.; PEDROZO, F.L.; GONZALEZ LUCAS, P.; BAFFICO, G.; TEMPORETTI, P. y KELLY, L 1997. Freshwater undercage collection systems: effectiveness and economics. *Procced. International Meeting on Chemical Engineering, Environmental Protection and Biotechnology. Book Environmental Technology, Sustainable Development and Water Recovery and Saving. Frankfurt, 8-14/6/97.*
- MÄKINEN, T. 1991. Marine aquaculture and Environment. Nordic Council of Ministers. 126 pp.
- Mapas de Goggle. <http://maps.google.com/maps>
- MASSOLO, A. 1998. Municipio y desarrollo local en la región del Comahue. EDUCO Press. 263 pp.
- MATSUI, S. 1991. Guidelines of Lake Management. Volume 4. Toxic substances management in lakes and reservoirs. International Lake Environment Committee, United Nations Environment Programme. 170 pp.
- OECD 1982. Eutrophication of waters, monitoring, assessment and control. *OECD*, París, 154 pp.
- Pascual M., E. Frere, M. Arguimbau, Luis Pellanda. 2001. Los recursos pesqueros del Lago Cardiel: diagnóstico y sugerencias para su manejo. Universidad Nacional de la Patagonia Austral

- PEDROZO, F. 1994. Lake sediments affected by intensive fish culture: Changes in the chemical composition and nutrient source for algae. *Sediment Quality Monitoring and Assessment. Report on Regional Training Course South America. 30/5-3/6/1994. WHO & UNEP, NWRI, Canadá CTUA (INCYTH) Argentina.*
- PEDROZO, F. 1997. Composición química y nutrientes limitantes en cuerpos de agua de Patagonia. *II Congreso Argentino de Limnología. 18-24/9/97. Buenos Aires, Argentina.*
- PEDROZO, F. 1998. Efforts and Issues in the conservation and Management of Lake Nahuel Huapi. *Study Report for the Lake Environment Conservation in Developing Countries –Argentina-. Int. Lake Environm. Committee Foundation, ILEC, Japón: 169-196.*
- PEDROZO, F. L.; ALCALDE, R. MANUEL, M. 1997. Estado Trófico del Lago Nahuel Huapi y Estimación preliminar de su posible evolución. *Centro Regional Universitario Bariloche, Departamento Provincial de Aguas de Río Negro.*
- PEDROZO, F.; BONETTO, A.; TEMPORETTI, P. y LOPEZ, W. 1993. Exploitation of Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina) for fish farming endangers water quality. *5<sup>th</sup> Internat. Conference on the Conservation and Management of Lakes, 17- 21/5/93, Stresa, Italia.*
- PEDROZO, F.; CHILLRUD, S.; TEMPORETTI, P; y DIAZ, M. 1993. Chemical composition and nutrient limitation in rivers and lakes of Northern Patagonian Andes (39.5°-42° S; 71°W) (Rep. Argentina). *Verh. Internat. verein. Limnol., 25:207-214.*
- PEDROZO, F.; TEMPORETTI, P.; DIAZ, M.; LOPEZ, W.; VIGLIANO, P; LIPPOLT, G; MACCHI, P; ALONSO, M.; ROSELLI, L. 1992. Impacto ambiental por el desarrollo de la piscicultura intensiva en la región andino-patagónica. *En: Atlas: Nuestras propias soluciones (ed. UNESCO). Conf. Mundial Medio Ambiente, ECO '92, Río de Janeiro, Brasil, Junio 1992.*
- PEDROZO, F.; TEMPORETTI, P; DIAZ, M.; WENZEL, T. y BONETTO, C. "Estudio limnológico preliminar de la laguna Carrilufquen Chica (Río Negro - Argentina).1991. "II Reunión Argentina de Limnología". Realizadas en la Ciudad de La Plata, 4 - 8/11/1991.
- PEDROZO, F.L y VIGLIANO, P. 1999. Sustainable aquaculture development in Alicura Reservoir with relation to trophic state and sportfishery exploitation of salmonid natural populations. *IFS/MISTRA Workshop Aquaculture and Fisheries:*

their integration into coastal zone management programmes. Pto. Montt, Chile, Abril 19-23-1999.

PEDROZO, F.L. 1997. Calidad de aguas en lagos de Cuencas Compartidas. I Taller de Cuencas Patagónicas con Recursos Hídricos Compartidos. Puerto Varas, Chile, 3-5/9/97.

PEDROZO, F.L. 2004. Impactos de la acuicultura en lagos y embalses. Conferencia (por invitación) Taller El Lago Rosario: Investigación, participación pública y gestión, Chubut, Argentina. Univ. Nac. Patagonia SJB, Esquel, 8 de mayo de 2004

PEDROZO, F.L. y BONETTO, C.A. , 1989. Influence of river regulation on Nitrogen and Phosphorus mass transport in a large South american river. *Regulated Rivers: Res. & Manag.*, 4:59-70.

PEDROZO, F.L. y BONETTO, C.A., 1985/6. Concentración de nitrógeno y fósforo en el agua de lluvia caída en la Ciudad de Corrientes. *ECOSUR*, 12/13(23/24):69-78.

PEDROZO, F.L. y BONETTO, C.A., 1987. Nitrogen and phosphorus transport in the Bermejo River (South America). *Rev. D'Hydrobiologie Tropicale*, 20(2):91-99.

PEDROZO, F.L.; ALCALDE, R. y MANUEL, M. (eds.). 1997. Estado trófico del Lago Nahuel Huapi y Estimación Preliminar de su posible evolución trófica. Publicación conjunta del Centro Regional Universitario Bariloche (Universidad Nacional del Comahue) y el Depto. Pro.Aguas Pcia. de Río Negro

PEDROZO, F.L.; BONETTO, C.A. y ZALOCAR, Y., 1989. A comparative study on phosphorus and nitrogen transport in the Paraná, Paraguay and Bermejo rivers. *Monogr. Limnol.*, 1(1):91-117.

PEDROZO, FL.; LOPEZ, W. y A. DIAZ. 1998 Diagnóstico, monitoreo y evaluación de impacto ambiental de ambientes acuáticos: casos vinculados a municipios en el Norte de la Patagonia Argentina. Cong.Nac.del agua –Santa FE- Agosto de 1998.

PEDROZO, FL.; LOPEZ, W. y A. DIAZ. 1998 Diagnóstico, monitoreo y evaluación de impacto ambiental de ambientes acuáticos: casos vinculados a municipios en el Norte de la Patagonia Argentina. *En: Municipio y Desarrollo local en la región del Comahue*. Massolo, A. (Comp.) Educo, Neuquén: 217-230.

PELLANDA, L. Y P. FERNANDEZ. 2001. Análisis de la calidad del agua y batimetría del Lago Cardiel. Informe de la Subsecretaría de Pesca y Actividades Portuarias de la Pcia. De Santa Cruz. Inédito.

PEREZ, M. de T. Y ROBEDILLO, J. 1988. Piscicultura y eutrofización. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. 94 pp.



- PREMAZZI, G.; CHIAUDANI, G. 1992. Ecological quality of surface waters. Quality assessment schemes for European Community lakes. Commission of the European Communities. 122 pp.
- QUIROS, R. 1988. Relationships between air temperature, depth, nutrients and Chlorophyll in 103 Argentinian lakes. *Verh. Internat. Ver. Limnol.*, 23: 647-658.
- QUIROS, R., DEFINO, R. CUCH, S. Y MERELLO, R. 1983. Diccionario geografico de ambientes acuáticos de la República Argentina. INIDEP, Depto. Aguas continentales.
- RECKHOW, K.; BEAULAC, M.; SIMPSON, J. 1980. Modeling phosphorus loading and lake response under uncertainty: A manual and compilation of export coefficients. EPA. 214 pp.
- RINGUELET, R. A. 1962. *Ecología Acuática Continental*. EUDEBA, Buenos Aires. 138 pp.
- SARAFIAN PAULA 09/05 [http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/documentos/descrip\\_cuencas/79.pdf](http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/documentos/descrip_cuencas/79.pdf)
- SPAP. Inédito. Datos de físico químicos de bahías de los lagos Buenos Aires, Cardiel, Pueyrredon y Argentino.
- STRASKRABA, M.; TUNDISI, G. 1999. Guidelines of Lake Management. Volume 9. Reservoir water quality management. International Lake Environment Committee, United Nations Environment Programme. 229 pp.
- SUTCLIFFE D. W. & J. G. JONES. 1992. Eutrophication: research and Application to Water Supply. Freshwater Association, Ambleside. 217 pp.
- TEMPORETTI, P. 1990. Retención de fósforo en sedimentos de diferentes cuerpos de agua lénticos del Parque Nacional Nahuel Huapi y de la meseta patagónica: Respuesta a la influencia antrópica. Seminario de Licenciatura, Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, 60 pp.
- TEMPORETTI, P. 1998. Dinámica del Fósforo en Cuerpos de Agua con Cría Intensiva de Salmónidos. Tesis presentada para optar al título de Doctor en Ciencias Biológicas. Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, 171 pp.
- TEMPORETTI, P. y PEDROZO, F.L. 1997. Fraccionamiento del P en alimento y desechos de peces. II Congreso Argentino de Limnología. 18-24/9/97. Buenos Aires, Argentina.

- TEMPORETTI, P. y PEDROZO, F.L. 1997. Tasa de liberación de P desde sedimentos afectados por pisciculturas. II Congreso Arg. Limnología. 18-24/9/97. Buenos Aires, Argentina.
- TEMPORETTI, P., LABOLLITA, H., SAUVAL, R. y PEDROZO, F. Influence of nutrient load and morphometry on trophic state of reservoirs for intensive fish exploitation. XXVIII SIL Congress. Melbourne, Australia, Feb. 2001.
- TEMPORETTI, P.; ALONSO, M.; BAFFICO, G.; DIAZ, M.; LOPEZ, W.; PEDROZO, F. & VIGLIANO, P. 2001. Trophic state, fish community and intensive production of salmonids in Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina). *Lakes & Res.: Research & Manag.* 6: 259-267.
- TEMPORETTI, P.; BAFFICO, G. LOPEZ y PEDROZO, F. 1994. Changes in water quality, sediments, and algae biomass in a Patagonian Reservoir affected by salmonid cage-culture. *Aquaculture Water Resource Manag. Conference.* Stirling, Escocia, Junio 21-25, 1994.
- TEMPORETTI, P.; BAFFICO, G.; LOPEZ, W. y PEDROZO, F. 1994. Changes in water quality, sediments and algae biomass in a Patagonian Reservoir affected by salmonid cage culture. *Consulta Técnica sobre Manejo de la Pesca en Embalses de América Latina.* La Habana, Cuba, 24 al 28 de Octubre de 1994. COPESCAL, FAO.
- TEMPORETTI, P.; DIAZ, M. y PEDROZO, F. 1991. Impacto ambiental de la cría de salmónidos en jaulas en el Lago Moreno. Un estudio basado en los sedimentos (composición química y fuente de nutrientes para las algas). "II Congreso Internacional de Gestión en Recursos Naturales". Realizado en la Ciudad de Valdivia, Chile, 7 al 11 de Enero.
- TEMPORETTI, P.; LABOLLITA, H.; PEDROZO, F.; DIAZ, M.; LOPEZ, W.; BAFFICO, G.; GONZALEZ P.; BASSANI, S y BLASETTI, G. 1998. Monitoreo de la Contaminación por Acuicultura Intensiva en el Embalse Alicura. *Ing. Sanitaria y Ambiental* N° 39: 77-82.
- TEMPORETTI, P.; LOPEZ, W.; GONZALEZ LUCAS, P. & PEDROZO, F. 2000. Limnological effects of intensive aquaculture in reservoirs and reduction in nutrients inputs. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27:1812-1815.
- TEMPORETTI, P.F. y PEDROZO, F.L. 2000. Phosphorus release rates from freshwater sediments affected by fish farming. *Aquaculture Research.* 31:1-9.
- TEMPORETTI, P.F.; LOPEZ, W.; GONZALEZ LUCAS, P.; DIAZ, M.; BAFFICO, G.D. y PEDROZO, F.L. 1997. Trophic state of the Alicura Reservoir in consonance with

the sustainable development of the aquaculture. 7<sup>th</sup> International Conference on Lakes Conservation and Management. San Martín de los Andes, 27-31/10/97.

TEMPORETTI, P.F.; LOPEZ, W.; GONZALEZ LUCAS, P.; DIAZ, M.; BAFFICO, G.D. y PEDROZO, F.L. 1997. Trophic state of the Alicura Reservoir in consonance with the sustainable development of the aquaculture. 7th International Conference on Lakes Conservation and Management. San Martín de los Andes, 27-31/10/97.

TEMPORETTI, PEDRO; LABOLLITA, H.; PEDROZO, F.; DIAZ, M.; LOPEZ, W.; BAFFICO, G.; GONZALEZ, P.; BASSANI, S. y BLASETTI, G. 1996. Monitoreo de la contaminación por acuicultura intensiva en el Embalse de ALicura. Congreso Nacional del Agua (12-16/11 1996, San Martín de los Andes, Argentina).

THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L. y. PAYNE, F. E. 1990. Reservoir Limnology: Ecological Perspectives. Thornton, Kimmel & Payne (Ed.). *Wiley & Son Inc.*: 246 pp.

TORRES PEREZ, M. y J. M. MELENDEZ ROBLEDILLO. 1988. Piscicultura y eutrofización. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 94 pp

WALLIN, M. 1991. Nutrient loading models for coastal waters. Uppsala Universitet. Department of Physical Geography.

WALLIN, M. y HÅKANSON, L 1991. Nutrient Loading Models for Estimating the Environmental Effects of Marine Fish Farms. In *Marine Aquaculture and Environment*, Nordic Council of Ministers, Copenhagen. 40-56.

WETZEL, R.G y LIKENS, G.E. 1990. *Limnological analyses*. Springer Verlag, 391 p.

WILLIAMS, W. D. 1998. Guidelines of Lake Management. Volume 6. Management of inland saline waters. International Lake Environment Committee, United Nations Environment Programme. 108 pp.

## ANEXO 1: LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO

## LAGO BUENOS AIRES

## MUESTRAS DE AGUA

<b>Bahia Palavicini</b>	<b>Marzo 22, 2006</b>		<b>Marzo 23, 2006</b>	
	<b>Sitio 1 W</b>		<b>Sitio 2 E</b>	
	Superficie	fondo	Superficie	fondo
Lat	46° 19' 12.4"		46° 18' 31.0"	
Long	71° 43' 0.6"		71° 41' 46.4"	
Profundidad (m):	35		25	
hora	10:05		08:45	

**Arroyo 1 (MALLIN)**

## MUESTRAS DE AGUA

	<b>Superficie</b>
Temperatura Agua (°C)	13,9
pH	8,35
Conductividad (uS/cm)	501
Lat	46°18' 04.9" S
Long	71°42' 41.0" O
hora	03:30:00 p.m.
altitud (m)	209

**Arroyo 2 (MALLIN)**

## MUESTRAS DE AGUA

	<b>Superficie</b>
Temperatura Agua (°C)	12,8
pH	8,32
Conductividad (uS/cm)	500
Lat	46°18' 2.8" S
Long	71°42' 1.6" O
Hora	03:30:00 p.m.
altitud (m)	209

## Lago Pueyrredon

## MUESTRAS DE AGUA

<b>Bahia Suyai</b>				
	Sitio Centro		Sitio Oeste	
	Superficie	fondo	Superficie	fondo
Lat	47°22'48.9" S		47°23'03,4"	
Long	71°57'41.4" O		71°57'29.1"	
Profundidad (m):	80		75	

<b>Bahia Mondelo</b>				
	Sitio Mondelo Boca		Sitio Mondelo Bahía	
	Superficie	fondo	Superficie	fondo
Lat	47°26'06.1" S		47°26'20.2" S	
Long	71°54'31.0" O		71°55'18.4" O	
Profundidad (m):	20		9	

## Arroyo 1

## MUESTRAS DE AGUA

	Superficie
Temperatura Agua (°C)	8,5
pH	7,72
Conductividad (uS/cm)	144
O2 disuelto (mg/L)	9,8
Lat	47°22' 15.2" S
Long	71°58' 09.2" O
hora	17:30
altitud (m)	160

**Rio de Oro, Brazo Este  
(Afluente Bahía Mondelo)**

**MUESTRAS DE  
AGUA**

Temperatura Agua (°C)	8,6
pH	7,93
Conductividad (uS/cm)	114,1
O2 disuelto	9,31
Lat	47°25'16.8" S
Long	71°55'34.4" O

**Lago Cardiel**

MUESTRAS DE AGUA

<b>Bahía de Pescadores</b>		Marzo 30, 2006		
	Sitio 1		Sitio 2	
	Superficie	fondo	Superficie	fondo
Lat	48° 48' 45,4"		48° 49' 06,3"	
Long	71° 12' 21,0"		71° 12' 16,2"	
Profundidad (m):		15		33
hora	13:05		13:43	

**Lago Argentino**

<b>Bahía Los Tres</b>						
	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3	
	Superficie	fondo	Superficie	fondo	Superficie	fondo
Lat	50°07' 32.2"		50°07' 35"		50°07' 40.1"	
Long	72° 06' 30.5"		72° 05' 56.7"		72° 06' 51.9"	
Profundidad (m):	17		25		25	
hora	11:05		11:55		13:10	

ANEXO 2: COMPOSICION FISICO QUIMICA DE LOS RIOS Y ARROYOS MUESTREADOS

Composición físico-química del agua en los arroyos muestreados.

		Temp.	pH	Cond.	Alc. Total
		(°C)		μS/cm	mg/L
<b>Lago Buenos Aires Bahía Parravicini</b>	Arroyo 1	13.9	8.35	501.0	261.5
	Arroyo 2	12.8	8.32	500.0	263.5
<b>Lago Pueyrredón</b>	Arroyo 1 B. Suyai	8.5	7.72	144.0	55.0
	Río Oro Bzo Este	8.6	7.93	114.1	36.0

		PT	PRS	NT	NNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NNO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NNH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	D I N	N/P
		μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	NT/ PT
<b>Lago Buenos Aires Bahía Parravicini</b>	Arroyo 1	52.9	27.1	129.5	0.5	4.0	4.5	2.45
	Arroyo 2	99.7	69.7	131.5	0.3	3.0	3.3	1.32
<b>Lago Pueyrredón</b>	Arroyo 1 B. Suyai	5.8	0.1	7.2	0.3	1.1	1.4	1.24
	Río Oro Bzo Este	15.7	0.3	10.7	0.3	0.4	0.7	0.68



Provincia de Santa Cruz



Consejo Federal de Inversiones

TALLER

## CAPACIDAD DE CARGA Y PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE SALMÓNIDOS EN LAGOS

7 al 9 de agosto de 2006

Centro de Acceso CFI  
Fagnano 302 (esq. Urquiza)  
Río Gallegos – Provincia de Santa Cruz

### Objetivos

---

Discutir criterios para desarrollar la piscicultura intensiva en lagos de la provincia de Santa Cruz, conservando la calidad del agua y el estado trófico en el tiempo.

Capacitar a los miembros de la SPAP (Subsecretaría de Pesca y Actividades Portuarias) de la provincia de Santa Cruz en las técnicas y los criterios de trabajo para aplicar dicha metodología a otros cuerpos de aguas para desarrollar y controlar la actividad.

### Contenidos

---

- Caracterización de los cuerpos de agua.
- Funcionamiento de los ambientes acuáticos y ciclos de los nutrientes.
- Factores que influyen la productividad del medio acuático.
- Cálculo de producción de peces.

### Temario

---

Características de los cuerpos de agua argentinos: relación con su entorno. Análisis de los factores que gobiernan la productividad en ríos, lagos y embalses. Mezcla de la columna de agua y distribución de nutrientes.

Parámetros morfométricos: profundidad media y máxima, longitud, área, volumen; superficie de la cuenca. Parámetros físicos: latitud, altitud, precipitación, tipo de mezcla (circulación), temperatura del agua. Parámetros químicos: pH, sólidos disueltos totales, conductividad, alcalinidad, calcio, fósforo total, fósforo reactivo soluble, nitrógeno total, nitratos, nitritos y amonio, relación N/P. Ciclo de los nutrientes. Fitoplancton, biomasa algal y clorofila. Importancia de los sedimentos.

Carga externa y carga interna de un cuerpo de agua. Relación clorofila/nutrientes. Estado trófico de un cuerpo de agua: oligotrofia, mesotrofia y eutrofia: determinación de los estados, modelos de predicción trófica.



Cálculo de la capacidad de carga de un ambiente para los niveles intensivos. Modelos. Aplicación ecuaciones Dillon y Rigler, Hakansson, Quirós, Reynolds. Cargas de fósforo por alimento y tasas de conversión. Criterios morfométricos de selección de sitios.

Deterioro ambiental por la fertilización. Alteración de los parámetros naturales de control del ciclo de los nutrientes. Modificación de la relación de nutrientes limitantes. Modificación del agua y los sedimentos. Recuperación de residuos de la acuicultura intensiva.

## Programa

---

### ***Lunes 7 de agosto***

9.00 Apertura

9.15 "Bases teóricas que definen el objeto de estudio. Caracterización de los cuerpos de agua"  
Disertante: F. Pedrozo.

12.00 Intervalo

14.00 "Bases teóricas que definen el objeto de estudio. Trofismo, capacidad de carga"

Disertantes: F. Pedrozo; P. Temporetti.

### ***Martes 8 de agosto***

9.00 "Casos de estudios previos"  
Disertantes: F. Pedrozo; P. Temporetti.

12.00 Intervalo

14.00 "Casos de lagos de Santa Cruz"  
Disertantes: F. Pedrozo; P. Temporetti.

### ***Miércoles 9 de agosto***

9.00 "Efectos ambientales de la actividad"  
Disertantes: F. Pedrozo; P. Temporetti.

12.00 Intervalo

14.00 "Leyes de acuicultura, recuperación de residuos"  
Debate entre los asistentes

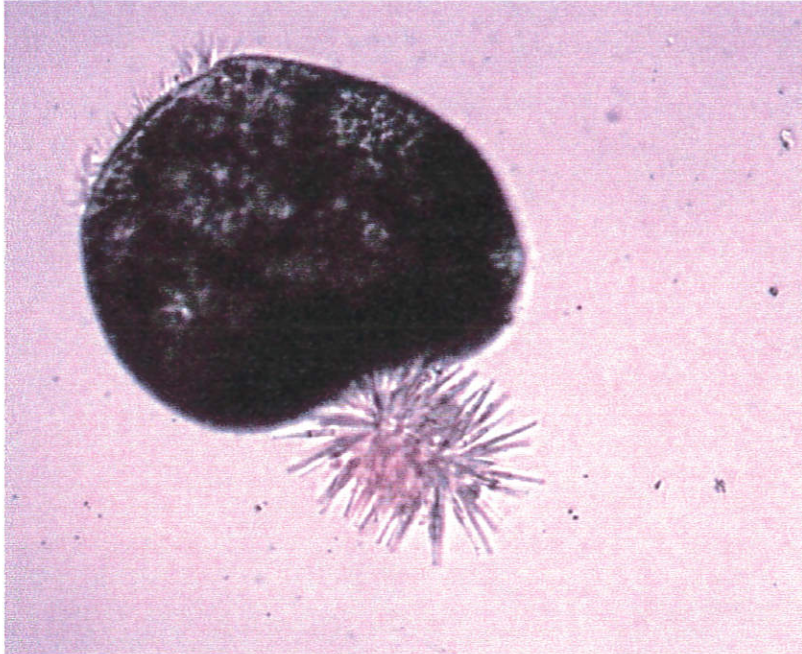
17.00 Discusión, conclusiones y cierre.

## LISTA DE PARTICIPANTES

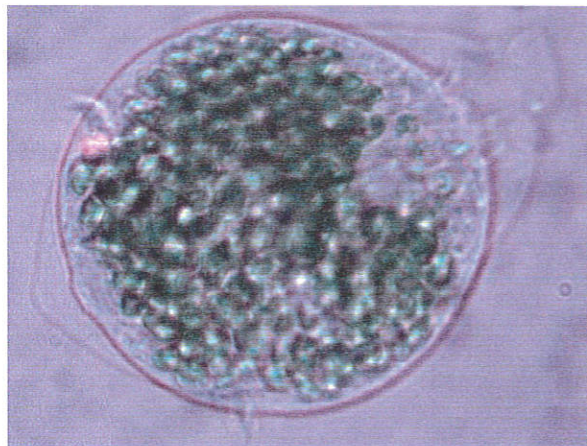
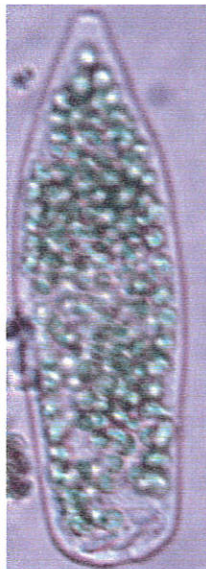
Pellanda, Luis	<a href="mailto:dppsc@waysur.com.ar">dppsc@waysur.com.ar</a>	SpyAP, Pto. Sta. Cruz.
De Carli, Pedro	<a href="mailto:decarli@arnet.com.ar">decarli@arnet.com.ar</a>	SpyAP, Río Gallegos.
Leonett, Lorena	<a href="mailto:lorenaleonett@yahoo.com.ar">lorenaleonett@yahoo.com.ar</a>	S.M.A., Río Gallegos
Amaya Santi, María Marcela	<a href="mailto:amayasanti_70@yahoo.com.ar">amayasanti_70@yahoo.com.ar</a>	SpyAP, Río Gallegos
Herández, Daniela Lorena	<a href="mailto:daniela_hernandez@argentina.com">daniela_hernandez@argentina.com</a>	SpyAP, Río Gallegos
Marcos, Fernando	<a href="mailto:pescacruz@speedy.com.ar">pescacruz@speedy.com.ar</a>	SpyAP, Río Gallegos
Braccalenti, Juan Carlos	<a href="mailto:pescacruz@speedy.com.ar">pescacruz@speedy.com.ar</a>	SpyAP, Río Gallegos
Fernandez, Patricio	<a href="mailto:patfer@hotmail.com">patfer@hotmail.com</a>	SpyAP, Río Gallegos
Temporetti, Pedro	<a href="mailto:ptempore@crub.uncoma.edu.ar">ptempore@crub.uncoma.edu.ar</a>	CRUB, Univ. Comahue
Pedrozo, Fernando	<a href="mailto:fpedrozo@crb.uncoma.edu.ar">fpedrozo@crb.uncoma.edu.ar</a>	CRUB, Univ. Comahue
Porcelli, Lucas	<a href="mailto:lporelli@cfired.org.ar">lporelli@cfired.org.ar</a>	CFI

**FOTOS DE ALGAS FITOPLANCTONICAS**

**LAGO BUENOS AIRES: Bahía Palavicini**



*Synedra acus* y *Stentor* sp



*Ophridium* sp

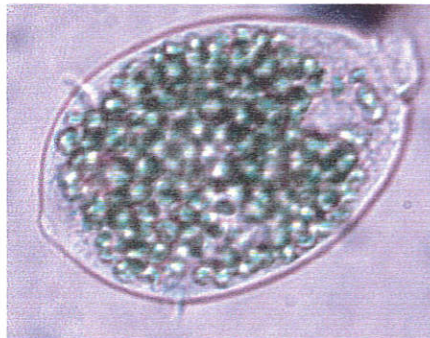
**LAGO PUEYRREDON: Bahias Suyai y Mondelo**



*Cosmarium* sp



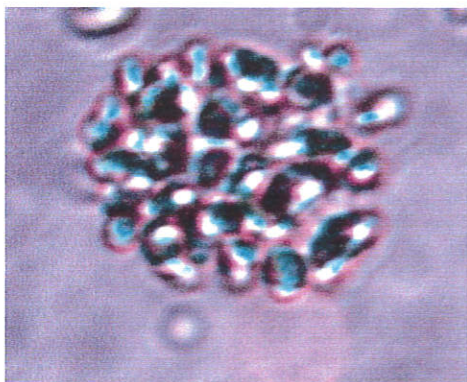
*Dinobryon divergens*



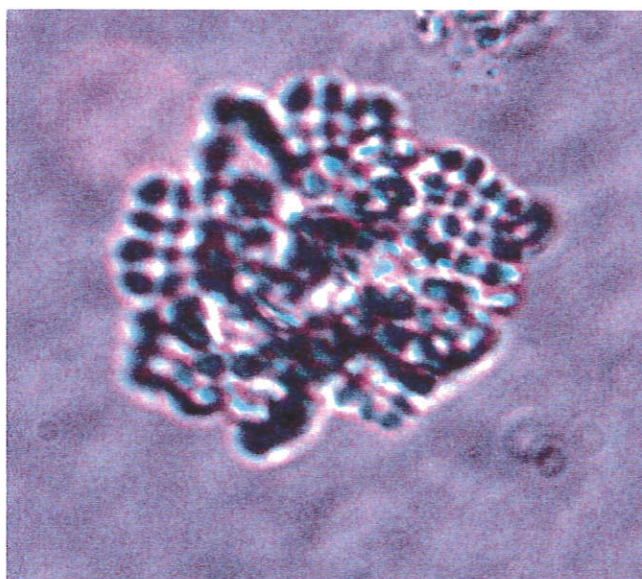
*Ophridium* sp



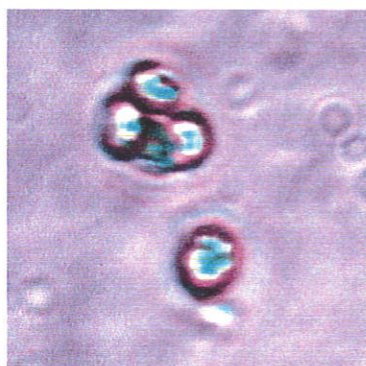
*Stentor* sp

**LAGO CARDIEL: Bahía Pescadores**

*Microcystis* sp



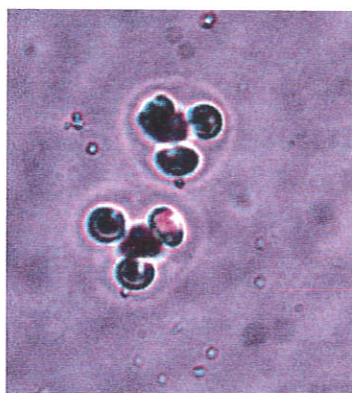
*Merismopedia* sp



*Sphaerocystis schroeterii*

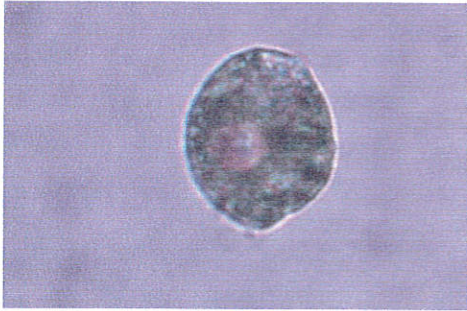


*Monoraphidium* sp

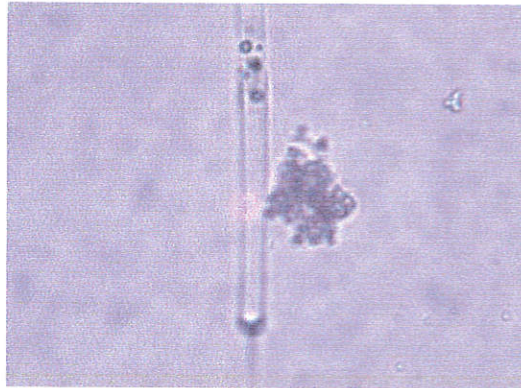


*Oocystis* sp

**LAGO ARGENTINO: Bahía de los Tres**



*Lepocinclis* sp



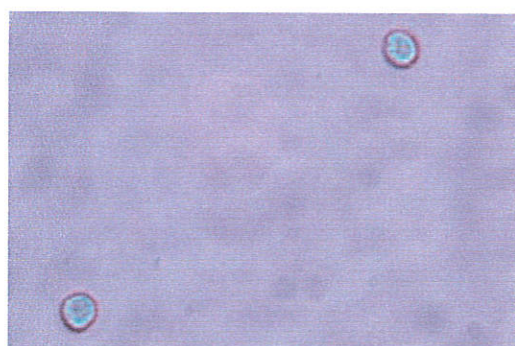
*Urosolenia eriensis*



*Cyclotella stelligera*



**Gymnodinium**



**Chlorococcal esferica de 10  $\mu\text{m}$  de diámetro**