Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UNLPam
Universidad Nacional de La Pampa

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Tesina presentada para obtener el grado académico de

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

CARACTERIZACIÓN DEL FITOPLANCTON Y ESTADO TRÓFICO EN UNA LAGUNA PAMPEANA TEMPORARIA DEL NORESTE DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA

MELISA MARTINEZ ORTIZ

SANTA ROSA (LA PAMPA) ARGENTINA

2019

PRÓLOGO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de lngeniera en Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en Cátedra de Diversidad Biológica, dependiente del Departamento de Recursos Naturales, durante el período comprendido entre el 30 de Noviembre de 2018 y el…… (fecha de presentación de la Tesina), bajo la dirección de Bazán, Graciela Inés; y bajo la codirección de Galea, Maria José.

Fecha

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNLPam) por darme la oportunidad y financiamiento para realizar este estudio en el que se concretan mis estudios para obtener mí anhelado título de Ingeniera en Recursos Naturales y Medio Ambiente.

A los profesores que me formaron durante la carrera y a los diversos compañeros/as que hicieron este camino mucho más ameno.

A mi Directora, Dra. Graciela Inés Bazán y Co-Directora, Maria José Galea, por aceptarme como su tesinista y brindarme tantos conocimientos, además de su atención, confianza, cariño y alegría. Inmenso agradecimiento a ustedes.

A mi amiga, Cami, que siempre estuvo presente acompañándome y apoyándome tanto en lo que respecta la carrera como a la vida fuera de la facultad, siempre conmigo, a pesar de la distancia.

A mi pareja y amor de mi vida, Emanuel, junto a nuestros perrihijos Áston y Ámbar, por estar siempre, en los mejores momentos, pero sobre todo en los peores, después de cada tropezón, para alentarme a levantarme y seguir, con más fuerzas. Gracias. Amor eterno a ustedes.

A mi familia, pero sobre todo a mis papás, Susana y Darío, no existen palabras que puedan describir el amor, admiración y agradecimiento que les tengo. Su apoyo y amor incondicional me hicieron quien soy. Gracias, por todo lo que me dan día a día. GRACIAS.

Fecha

RESUMEN

El objetivo de esta tesina fue conocer y categorizar la ficoflora y el estado trófico de la Laguna Bajo Macagno (Dpto. Conhelo), con especial énfasis en las clases Cyanophyceae, Chlorophyceae y Bacillariophyceae. Se llevaron a cabo muestreos biológicos y físico-químicos estacionales entre junio de 2018 y marzo de 2019 en tres sitios de muestreo (Norte, Alteo y Sur). Las muestras de fitoplancton se obtuvieron por arrastre manual y fueron fijadas con formol 4%. Se registraron *in situ*: temperatura del aire y del agua, conductividad, pH y transparencia del agua. Del total de especies registradas (107), la clase Chlorophyceae fue la que presentó mayor riqueza específica con 63 taxa, seguida por Bacillariophyceae (20), Cyanophyceae (14), Euglenophyceae (9) y Chrysophyceae (1). El grado de similitud de la comunidad ficológica a lo largo de período de muestreo varió de 36 a 74%. Los resultados de los índices de Nygaard aplicados califican a la laguna como eutrófica, típica de la región pampeana. El estado de saprobiedad del cuenco (S=2,48) establecido a partir de la bioecología de los organismos lo clasifica dentro del rango β-mesosapróbico de aguas de moderada contaminación. El índice de estado trófico (TSI) de Carlson basado en la transparencia (SD) ubica a la laguna dentro de la categoría de eutrófica durante todo el año excepto en la primavera donde alcanza la hipereutrófia. Los valores de TSI basado en la concentración de clorofila la clasifican como oligotrófica durante todo el año excepto en verano donde se vuelve mesotrófica.

ABSTRACT

This investigation's objective was to identify and categorize the planktonic algal flora and the trophic state of the Laguna Bajo Macagno (Department Conhelo) with a special emphasis on the classes Cyanophyceae, Chlorophyceae and Bacillariophyceae. Biological and physical-chemical stationery samples were collected between June 2018, and March 2019 in three sampling sites determined Norte, Alteo, and Sur. The samples were obtained by manual drag and were fixed in 4% formalin. Air and water temperature, conductivity, pH, and water transparency were registered in situ. Out of the total number of registered species (107), the Chlorophyceae class was the one with the highest specific age with 63 taxa, followed by Bacillariophyceae (20), Cyanophyceae (14), Euglenophyceae (9) and Chrysophyceae (1). The degree of similarity of the phycological community, throughout the sampling period, varied from 36% to 74%. The results of the applied Nygaard index qualify the lagoon as eutrophic, typical of the Pampean region. The state of saprobity of the lagoon (S = 2.48), established from the bioecology of the organisms, is classified within the β-mesosaprobic range of moderate contamination water. The Carlson trophic status index (TSI), based on transparency (SD), places the lagoon within the eutrophic category throughout the entire year, except for the spring season where hypereutrophy is reached. TSI values based on the concentration of chlorophyll are classified as oligotrophic throughout the year, except for the summer, where it becomes mesotrophic.

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO.....II

AGRADECIMIENTOS.....III

RESUMEN…….....IV

ÍNDICE.....VI

1. INTRODUCCIÓN……1
2. OBJETIVO……4
3. HIPÓTESIS……4
4. ÁREA DE ESTUDIO……5
   4.1. Clima…….....7
   4.2. Geomorfología……..7
   4.3. Suelos……....7
   4.4. Vegetación……....8
5. MATERIALES Y MÉTODOS…….....9
   5.1. Recolección de muestras……12
   5.2. Tratamiento de los datos……13
6. RESULTADOS……..…16
   6.1. Aspectos ambientales……..….....16
   - Temperatura del agua y del aire……17
   - Transparencia……17
   - pH……...18
   - Conductividad……....18
   6.2. Análisis florístico…….....19
   - Concentración de Clorofila “a”……33
   - Análisis de similitud de Bray Curtis……34
   - Índices de Nygaard……..36
   - Índice de saprobiedad de Plante & Buck……36
   - Índice de Carlson……37
7. DISCUSIÓN……38
8. CONCLUSIONES……....42
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……..43
10. ANEXO…….....54

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los ambientes más productivos del planeta son los humedales, definidos por la convención Ramsar como "…extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros" (Secretaría de la Convención de RAMSAR, 2006). Se considera que su nivel de pérdida sobrepasa el 50% en el mundo y en algunos sitios llega hasta el 90%. La causa principal de su degradación se debe a que, históricamente, no han sido valorados socialmente, ignorando funciones ecológicas y el valor de los bienes y servicios que estas tierras podían brindar (Dugan, 1993).

Entre los problemas medioambientales más frecuentes a nivel mundial en aguas continentales encontramos la eutrofización, causada por el aumento de las concentraciones de nitrógeno y fósforo, generalmente como resultado de actividad antrópica (OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-, 1982). Este aumento tiende a reducir la transparencia del agua debido al aumento de la productividad (Bazán, 2010). Actualmente algunos sectores de la sociedad reconocen que los ecosistemas acuáticos tienen funciones ambientales sumamente valiosas, tales como: reciclado de nutrientes, purificación de aguas, mantenimiento del régimen de descarga de ríos y arroyos, recarga de napas subterráneas, provisión de hábitat para una gran cantidad de especies animales y vegetales y oportunidades de recreación para los seres humanos (Quirós, 2000).

El futuro de los humedales es catastrófico si continúan sin un manejo ambiental: lagunas hipereutrofizadas con sedimentos anóxicos y saturadas en fósforo, con comunidades altamente simplificadas, que presentan mortandades masivas de peces, aves y riesgos para la salud humana (Quirós et al., 2006). La composición y abundancia de las comunidades que ahí habitan son modificadas con la evolución del estado trófico de los ecosistemas acuáticos (Ortega Murillo et al., 2010). En primer lugar, se observa el incremento de los productores primarios, principalmente fitoplancton, que conlleva al aumento de la turbidez, impidiendo que la luz penetre hasta regiones profundas de la columna de agua (Weisner et al., 1997; Weithoff et al., 2000; Muylaert et al., 2002; Dolbeth et al., 2003; Moreno et al., 2010).

El humedal pampeano cubre una superficie cercana a 100.000 km^2 de la planicie de las pampas (Quirós, 2005). Las lagunas pampásicas son ecosistemas someros, polimícticos y altamente fluctuantes en salinidad, tiempo de renovación de agua en función de los ciclos de sequía-inundación, característicos de la región y que no estratifican térmicamente excepto por períodos muy breves y varían en general entre estados eutróficos e hipereutróficos (Quirós et al., 2002; Quirós et al., 2002a; Quirós, 2005; Torremorell et al., 2007). Las cuencas no muestran predominio de una dimensión sobre las otras ni gradiente de condiciones físico-químicas y biológicas en una dirección definida (Ringuelet, 1962).

Para definir el estado trófico de una masa de agua y tener un dato comparativo con otros sistemas se utilizan índices del estado trófico calculados en base a diferentes parámetros (Fraile et al., 1995). En los sistemas tradicionales se determinan básicamente tres estados: oligotrófico, mesotrófico y eutrófico, aunque a menudo no están claramente diferenciados (Ringuelet, 1962; Carlson, 1977).

Entre los métodos para evaluar objetivamente el estado trófico se encuentra el índice de Carlson (Carlson & Simpson, 1996), que utiliza como variables los valores medios anuales de la profundidad de visión del disco de Secchi y de las concentraciones superficiales de fósforo total y de clorofila “a”.

Otros métodos de evaluación para determinar el estado trófico de cuerpos de agua son los “índices biológicos”. Entre ellos se destaca el uso de las algas como indicadores a través de variables ecológicas (riqueza específica, diversidad, índices de saprobiedad, entre otros). El conocimiento de la flora algal y sus variaciones espacio temporales que permiten caracterizar el estado biológico de un cuerpo de agua, es fundamental para su monitoreo contínuo. La presencia-ausencia de determinadas especies es un valor que permite efectuar un diagnóstico del nivel de contaminación del sistema estudiado (Ospina & Peña, 2004).

Los primeros estudios ficológicos en territorio argentino comenzaron a principios del siglo XX con aportes de investigadores europeos como Müller y Cleve. En la Provincia de La Pampa los registros se inician con Kühnemann (1966) y Ventriche (1972). En la década del `90 investigadores de la UNLPam comenzaron a publicar regularmente sus hallazgos florísticos, incrementando el número de nuevos registros para el país. Estos trabajos incorporan estudios taxonómicos, bioecológicos e

inventarios florísticos a la región (Álvarez & Bazán, 1994; Álvarez et al., 2000; Álvarez et al., 2006; Echaniz et al., 2008; Echaniz & Vignatti, 2009; Bazán, 2010; Bazán et al., 2003, 2014, 2018; Biasotti, 2016; Galea, 2017; Oriani et al., 2017).

Entre las lagunas temporarias de la Provincia de La Pampa se encuentra la laguna del Bajo Macagno, ubicada en el noreste de la provincia, sobre la Ruta Nacional 35, 60 km al norte de la capital pampeana.

La presente Tesina tiene como objetivo estudiar la comunidad algal en la Laguna Bajo Macagno de la Provincia de La Pampa, caracterizar y evaluar su diversidad y aplicar índices biológicos para determinar el estado trófico del cuerpo de agua.

2. OBJETIVO

Objetivo general

- ✓ Conocer y categorizar las comunidades algales, con especial énfasis en Cyanophyceae, Chlorophyceae y Bacillariophyceae de la laguna Bajo Macagno (Provincia de La Pampa).

Objetivos específicos

- ✓ Conocer y categorizar la ficoflora de la Laguna Bajo Macagno (Dpto. Conhelo).
- ✓ Determinar la riqueza específica y la distribución espacio-temporal de los taxa estudiados durante un ciclo anual.
- ✓ Determinar el estado trófico de la Laguna Bajo Macagno mediante la aplicación de diversos índices biológicos.

3. HIPÓTESIS

- ✓ El conocimiento de la ficoflora actual se amplía significativamente a medida que se profundiza el estudio de las floras regionales.
- ✓ La composición y distribución de las comunidades algales presenta fluctuaciones estacionales a través de un ciclo anual.
- ✓ La categorización bioecológica de las especies algales permite determinar el estado trófico del cuerpo de agua y su calidad.
- ✓ Los factores físico-químicos y ambientales influyen sobre la composición y distribución espacio-temporal de las comunidades algales.

4. ÁREA DE ESTUDIO

La Laguna Bajo Macagno, conocida así por los lugareños, se encuentra ubicada al noreste de la provincia de La Pampa, sobre la Ruta Nacional 35 (36º04’18,06’’S; 64º16’08,62’’O). Esta laguna temporaria alcanzó su máxima superficie de 280 ha durante el período febrero-abril del año 2016 a causa de las copiosas precipitaciones. Esa superficie récord hizo necesaria la construcción de un alteo de 700 metros de extensión sobre el kilómetro 388 de la Ruta Nacional 35, debido a que el agua superaba el metro de altura sobre la cinta asfáltica. Actualmente ocupa 170 ha y presenta forma aproximadamente circular (Fig. 1, 2 y 3).

Figura 1. Ubicación de la Laguna Bajo Macagno, en la provincia de La Pampa.

Figura 2: Ubicación de la Laguna Bajo Macagno, La Pampa, con imagen satelital, 04/03/2019.

Figura 3. Imagen satelital Laguna Bajo Macagno, 04/03/2019.

La laguna está situada en la región oriental, subregión de las planicies con tosca, al noreste de la provincia de La Pampa, en el departamento Conhelo (Cano et al., 1980).

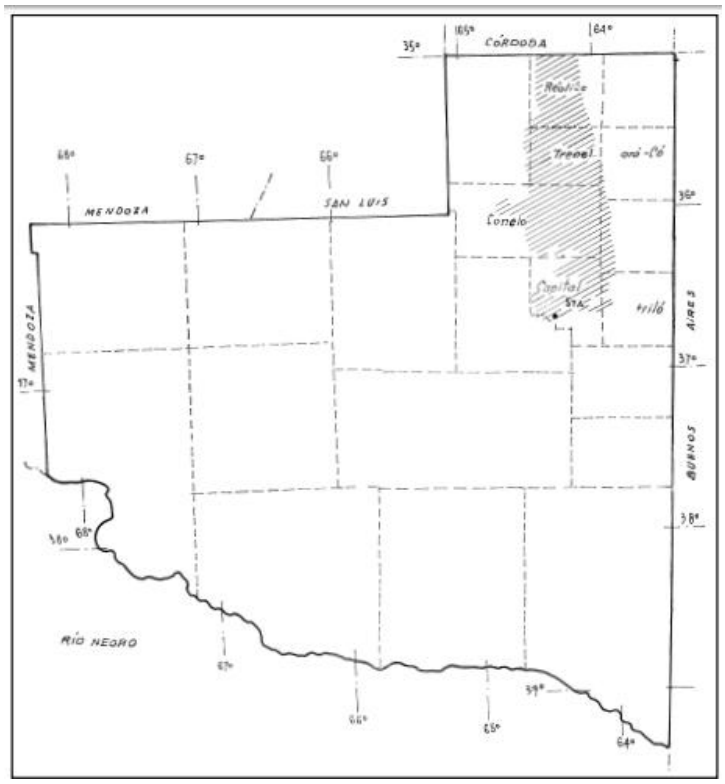


Figura 4. Ubicación geográfica de la subregión de las planicies con tosca (Cano et al., 1980).

4.1. Clima

En la zona norte de la subregión la temperatura media es de 8ºC durante el mes más frío, en verano oscila alrededor de 25ºC. La predominancia de los vientos es en dirección N-NE y S-SO, la velocidad es levemente mayor en la región sur, teniendo un promedio anual de 10-12 km/h (Cano et al., 1980).

4.2. Geomorfología

La subregión se caracteriza por la presencia de un delgado manto arenoso originado por deposiciones eólicas, posteriores a acciones acuáticas de escurrimiento difuso que generaron una costra calcárea difundida. Esta subregión tiene una leve inclinación de oeste a este (Cano et al., 1980).

4.3. Suelos

La laguna Bajo Macagno forma parte de la unidad cartográfica planicie con tosca de Eduardo Castex y Winifreda (He2,pt + He2, ptfso). Abarca una franja con dirección N-S a continuación de la unidad anterior (Planicie de Realicó-Arata (He2,pt + Ht3)). La tosca se encuentra en toda el área y es una planicie de gradiente 0%, con pequeñas

depresiones y lagunas salinizadas. Las limitaciones son: poca profundidad efectiva, drenaje natural excesivo, sequías estacionales, erosión eólica moderada y leve peligro a la erosión hídrica (Cano et al., 1980).

4.4. Vegetación

Los tipos fisonómicos de vegetación presentes en la subregión son:

A- Cultivos: cubre una superficie aproximada del 90%.

B- Vegetación natural: pastizales naturales, bosques de *Prosopis caldenia*, matorrales y arbustales halófilos que ocupan aproximadamente el 10% de la superficie de la subregión.

Los cultivos estivales más importantes son sorgos graníferos y forrajeros, maíz y mijo usados por lo común para forraje y grano. Los invernales son centeno, avena y cebada, en general para forraje (Cano et al., 1980).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un viaje de reconocimiento en verano de 2018 para determinar áreas accesibles y seleccionar los sitios de muestreo. Acorde al uso de las tierras que circundan el cuerpo de agua se establecieron tres sitios: Norte, Sur y Alteo (Figs. 5-12).

En las tierras del sitio Norte se practica siembra de sorgo forrajero, maíz y avena por siembra convencional para engorde del ganado vacuno. En el sitio Sur por continuidad de siembra directa se observan áreas de compactación superficial. El último punto: Alteo, fue seleccionado a la vera del alteo construido sobre la ruta nacional en agosto de 2017.

Figura 5: Alteo en construcción. Sitio Norte. Agosto, 2017. (Fuente: Castexonline)

Figura 6: Alteo en construcción. Sitio Sur. Agosto, 2017. (Fuente: Castexonline)

Figura 7: Sitio Sur. Laguna Bajo Macagno. Otoño, 2018.

Figura 8: Sitio Norte. Laguna Bajo Macagno. Otoño, 2018.

Figura 9: Sitio Alteo. Laguna Bajo Macagno. Otoño, 2018.

Figura 10: Sitio Norte. Laguna Bajo Macagno. Primavera, 2018.

Figura 11: Sitio Alteo. Laguna Bajo Macagno. Verano, 2019.

Figura 12: Sitio Alteo. Laguna Bajo Macagno. Verano, 2019.

5.1. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Las muestras ficológicas se colectaron por arrastre manual y, en algas adheridas a sustratos naturales y/o artificiales, por raspado del mismo, según técnicas convencionales (Schwoerbel, 1975; Lopretto & Tell, 1995). Estas muestras fueron fijadas con formol al 4%. La observación de los ejemplares se llevó a cabo con microscopio óptico Kyowa Medilux 12. Las muestras fueron incorporadas al Herbario de investigación de la unidad académica ejecutora

Para la identificación taxonómica se consultaron las floras estándar y regionales, Hustedt (1930), Desikachary (1959), Patrick & Reimer (1966, 1975), Bourrelly (1968, 1970, 1972), Komárek & Fott (1983), Tell & Conforti (1986) y Komárek & Anagnostidis (1999, 2005).

El total de taxa determinados se ordenó según Bourrelly (1968, 1970 y 1972) para las clases Cyanophyceae, Chlorophyceae y según Simonsen (1979) para las Bacillariophyceae.

En laboratorio se determinó clorofila "a" según la fórmula de Talling & Driver (Ros, 1979). Para su valoración se filtró 1000 ml de agua a través de filtros de fibra de vidrio tipo Whatman GF/C, con una bomba de vacío y en oscuridad, dentro de las 24 hs siguientes al muestreo. Los filtros fueron preservados a -20 ºC y, al momento de la extracción, se utilizó metanol como solvente por ser más eficaz que la acetona. Los extractos se leyeron a 665 y 750 nm antes y después de ser acidificados (Loez, 1995; Taboada et al., 2018).

Las variables físico-químicas registradas *in situ* fueron: transparencia (disco de Secchi de 20 cm de diámetro), pH (pH metro digital ISE 250 Orion), temperatura del agua y el aire (termómetro de mercurio estándar) y conductividad (conductímetro digital 105 Orion). Las muestras colectadas para analisis físico-químicos se almacenaron en botellas de polietileno de 1000 ml de capacidad, sin burbuja de aire, a resguardo de la luz solar y fueron conservadas en frío hasta su tratamiento (Tabla 1).

Tabla 1: Fechas de muestreo en la laguna Bajo Macagno para cada estación anual.

ESTACIÓN ANUAL	FECHA
Otoño	**10/06/2018**
Invierno	**26/08/2018**
Primavera	**25/11/2018**
Verano	**05/03/2019**

5.2. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

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

$$Fr= Si/N*100$$

Donde:

Fr: Frecuencia relativa.
Si: Presencia de la especie "i" en las muestras.
N: Número total de muestras.

Además de la composición específica, se analizó la persistencia de las distintas especies para cada época del año, mediante la aplicación del índice de similitud de Bray & Curtis (1957), según:

$$Sjk= (b+c)/(2\ a+b+c)$$

Donde:

Sjk: similitud entre estaciones j y k
a: nº de especies comunes entre j y k
b: nº de especies que están en j pero no en k
c: nº de especies que están en k pero no en j

El análisis de agrupamiento con el total de las especies registradas en las distintas épocas y sitios de muestreo estudiados emplea el índice de asociación y expresa el grado de semejanza o similitud en las comunidades algales en las diferentes estaciones y puntos de muestreo durante el año. Los datos se expresan en dendrogramas resultantes del análisis de cluster. Se utilizó el programa BioDiversity Profesional Copyright © 1997.

Para los índices de Nygaard (1949) se tuvo en cuenta la riqueza fitoplanctónica para determinar el grado de eutrofización de la laguna Bajo Macagno para la época muestreada. Estos índices se basan en la riqueza de determinados grupos algales como Cyanophyceae, Euglenophyceae, diatomeas céntricas y pennadas, Chlorococcales y Desmidiales (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008). Los índices de Nygaard más utilizados son: de clorofitas, de diatomeas y el compuesto (Mirande & Tracanna, 2005;

Peña Salamanca et al., 2005; Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008; Bazán et al., 2018), los cuales se detallan a continuación:

Índice de Clorofitas= Chlorococcales/Desmidiales

Donde:

<1= oligotrófico
>1= eutrófico

Índice de Diatomeas= Centrales/ Pennales

Donde:

0-0,2= oligotrófico
0,2-3= eutrófico

$$\text{Índice Compuesto} = \frac{(\text{Cianofitas} + \text{Chlorococcales} + \text{Centrales} + \text{Euglenales})}{\text{Desmidiales}}$$

Donde:

<1= oligotrófico
1-2,5= mesotrófico
>2,5= eutrófico

Para determinar la salud biológica de la laguna Bajo Macagno se aplicó el método de saprobios de Pantle & Buck (Schwoerbel, 1975). El grado de saprobiedad se determinó mediante el cálculo de la frecuencia de cada especie y la valencia sapróbica de cada una de ellas obtenida en la bibliografía consultada (Sládecek, 1973; Schwoerbel, 1975; Licursi & Gómez, 2003; Barinova & Nevo, 2010; Barinova et al., 2008; 2011; Bazán, 2010; Bellinger & Sigee, 2010, Biasotti, 2016; Galea, 2017).

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

$$S = \sum (s*h) / \sum h$$

Donde:

s: valor sapróbico
h: frecuencia

Los rangos de saprobiedad, según Pantle & Buck (1955), fluctúan entre los siguientes valores:

S= 1,0 – 1,5: contaminación muy débil (o)
S= 1,5 – 2,5: contaminación moderada (β)
S= 2,5 – 3,5: contaminación fuerte (α)
S= 3,5 – 4,0: contaminación muy fuerte (p)

Para la determinación del estado trófico de la laguna Bajo Macagno se emplearon los índices de estado trófico (TSI) de Carlson & Simpson (1996), que se determinan mediante las siguientes fórmulas:

TSI (SD)= 60-14.41 ln (SD) (SD: profundidad del disco de Secchi)

TSI (CHL)= 9.81 ln (CHL) + 30.6 (CHL: concentración de clorofila "a")

En la tabla 2 se presenta la categorización del estado trófico de dichos índices.

Tabla 2: Índices y categorías de estado trófico según Carlson & Simpson (1996)

Estado trófico	Valor de TSI
Oligotrófico	<40
Mesotrófico	50-50
Eutrófico	50-70
Hipereutrófico	>70

6. RESULTADOS

6.1. ASPECTOS AMBIENTALES

Los resultados de los parámetros físico-químicos obtenidos *in situ* en la laguna Bajo Macagno para el período de estudio comprendido entre junio de 2018 y marzo de 2019, se presentan en la tabla 3. Se resalta el carácter excepcional del muestreo correspondiente al invierno con una temperatura del aire de 25 ºC.

Tabla 3: Datos medioambientales de la laguna Bajo Macagno en las fechas de muestreo (2018-2019).

Bajo Macagno	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Tº aire (ºC)	16	25	23	28
Tº agua (ºC)	11	14	20	22
Prof. Secchi (cm)	112	95	45	66
pH	8,76	8,75	8,48	8,53
Conductividad (µS/cm)	235	297	269	376

***Temperatura del agua y del aire**

Los valores de temperatura del agua medidos en las fechas de muestreo fluctuaron entre 11 ºC en otoño de 2018 y 22 ºC para verano 2019. Estos valores oscilaron en el mismo sentido que la temperatura del aire donde se obtuvo un mínimo de 16 ºC en otoño de 2018 y un máximo de 28 ºC en verano de 2019 (Fig. 13).

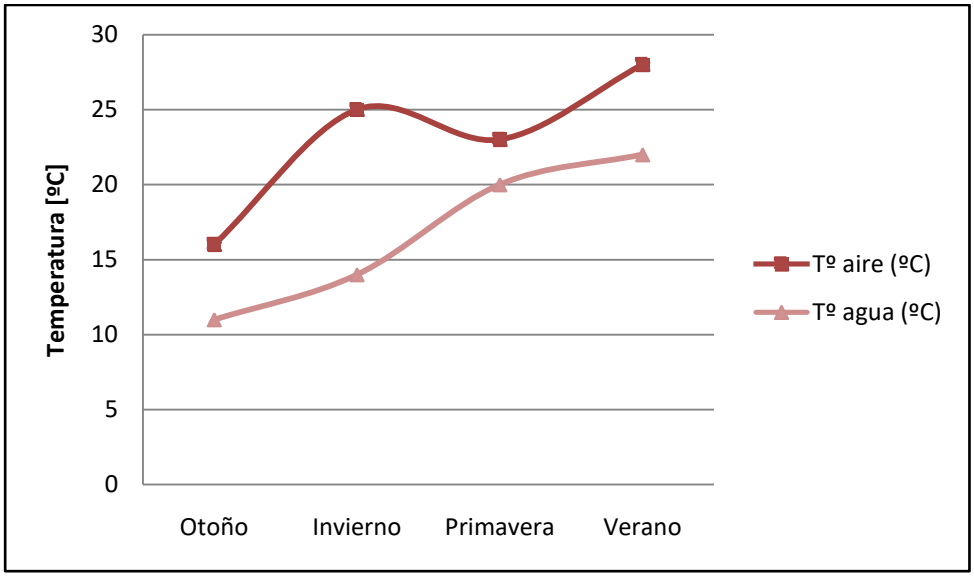


Figura 13: Variaciones de temperatura del agua y del aire. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

***Transparencia**

La transparencia del agua presentó el registro máximo de 112 cm en otoño y mínimo de 45 cm en primavera de 2018 (Fig. 14).

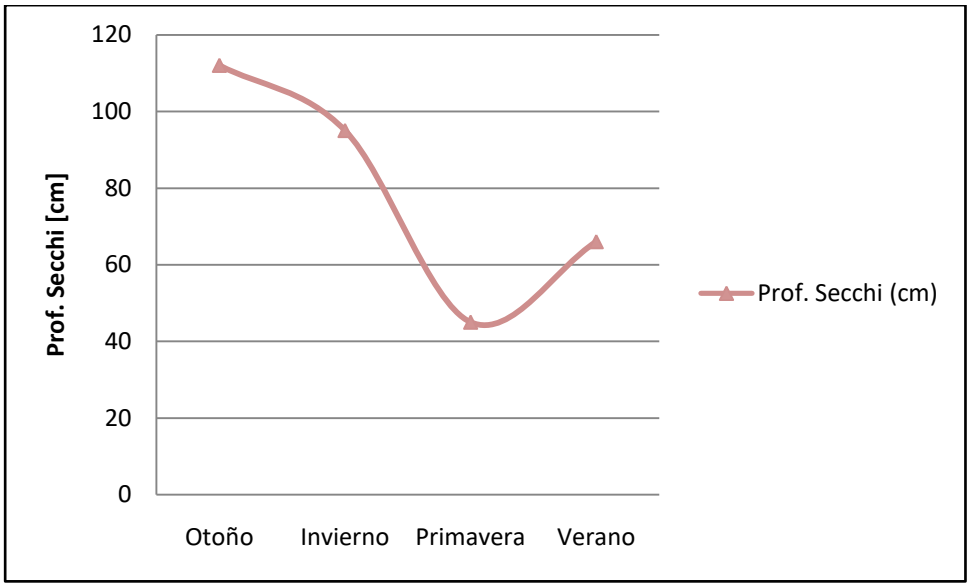


Figura 14: Variación de la transparencia del agua en las distintas estaciones del año. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

***pH**

El pH alcalino se registró durante todo el período de muestreo y no mostró variaciones importantes para las diferentes estaciones anuales. El rango osciló entre un mínimo de 8,48 en primavera y un máximo de 8,76 en otoño de 2018 (Fig. 15).

***Conductividad**

Los valores obtenidos a lo largo del período estudiado oscilaron entre 235 µS/cm en otoño de 2018 y 376 µS/cm en verano de 2019 (Fig. 15).

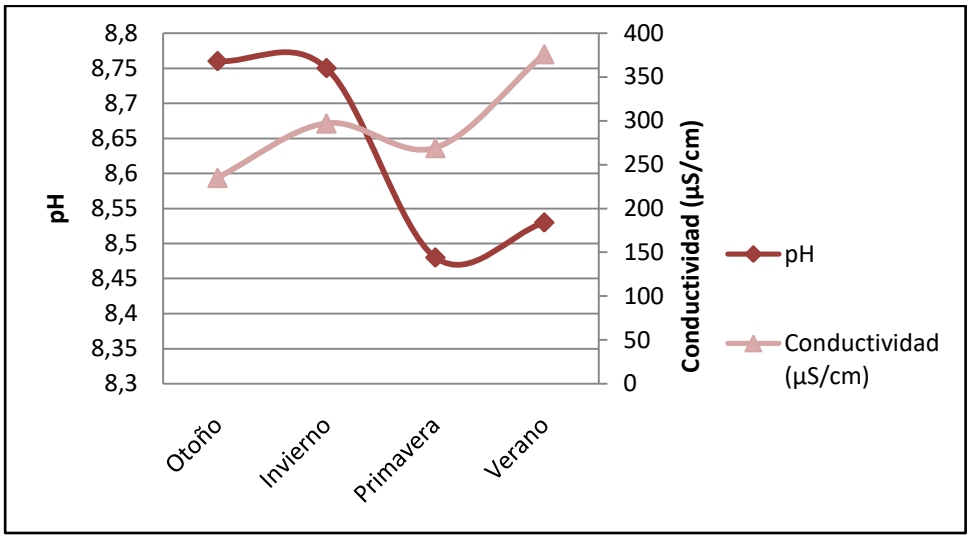


Figura 15: Variación de la conductividad y pH en las distintas estaciones del año. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

7.2. ANÁLISIS FLORÍSTICO

En las muestras colectadas en la laguna Bajo Macagno entre junio de 2018 y marzo de 2019, se determinaron un total de 107 taxones pertenecientes a las Clases Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae y Chrysophyceae (Tabla 4).

Tabla 4: Lista taxonómica de algas identificadas en la laguna Bajo Macagno (2018-2019)

Clase CYANOPHYCEAE

Orden Chroococcales
Fam. Chroococcaceae
Aphanocapsa elachista West & G.S. West
Chroococcus turgidus (Kützing) Nägeli
Chroococcus sp.
Merismopedia glauca (Ehrenberg) Nägeli
Merismopedia tenuissima Lemmermann

Orden Hormogonales
Fam. Nostocaceae
Anabaena circinalis Rabenhorst ex Bornet & Flahault
Anabaena spiroides Klebahn
Cylindrospermum stagnale (Kützing) Bornet & Flahault
Phormidium frigidum Fritsch
Phormidium tenue (Meneghini) Gomont

Fam. Oscillatoriaceae
Lyngbya hyeronymusii Lemmermann
Oscillatoria pseudogeminata var. *unigranulata* Biswas
Oscillatoria splendida Greville ex Gomont
Oscillatoria subbrevis Schimidle

Clase CHLOROPHYCEAE

Orden Volvocales
Fam. Chlamydomonadaceae
Chlamydomonas sp.

Orden Chaetophorales
Fam. Chaetophoraceae
Stigeoclonium tenue (Agardh) Kützing

Orden Chlorococcales
Fam. Chlorococcaceae

Schroederia setigera (Schröder) Lemmermann
Tetraedron caudatum (Corda) Hansgirg
Tetraedron hastatum (Reinsch) Hansgirg
Tetraedron minimun (Braun) Hansgirg
Tetraedron trigonum (Nägeli) Hansgirg
Tetraedron sp.

Fam. Palmellaceae
Sphaerocystis schroeteri Chodat

Fam. Oocystaceae
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs
Ankistrodesmus fusiformis Corda
Chlorella vulgaris Beijerinck
Closteriopsis acicularis (Chodat) J.H. Belcher & Swale
Franceia ovalis (France) Lemmermann
Kirchneriella aperta Teiling
Kirchneriella contorta (Schmidle) Bohlin
Kirchneriella irregularis (G. M. Smith) Korshikov
Kirchneriella lunaris (Kirchner) Möbius
Kirchneriella obesa (W. West) Schmidle
Lagerheimia ciliata (Lagerheim) Chodat
Lagerheimia subsalsa Lemmermann
Monoraphidium arcuatum (Korshikov) Hindak
Monoraphidium indicum Hindak
Monoraphidium irregulare (Smith) Komarková-Legenerova
Oocystis lacustris Chodat
Oocystis parva West & G.S. West
Oocystis solitaria Wittrock
Treubaria triappendiculata C. Bernard

Fam. Micractiniaceae
Golenkinia radiata Chodat
Micractinium pusillum Fresenium

Fam. Dictyosphaeriaceae
Botryococcus braunii Kützing
Dictyosphaerium ehrenbergianum Nägeli
Dictyosphaerium pulchellum Wood
Dictyosphaerium sp.

Fam. Scenedesmaceae
Actinastrum gracillimum G.M.Smith
Actinastrum raphidioides (Reinsch) Brunnthaler

Actinastrum sp.
Coelastrum microporum Nägeli
Crucigenia tetrapedia (Kirchner) West et G. S. West
Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat
Scenedesmus arcuatus Lemmermann
Scenedesmus biccaudatus (Hansgirg) R. Chodat
Scenedesmus ecornis (Ehrenber) Chodat sensu Uherkovich
Scenedesmus opoliensis P.G. Richter
Scenedesmus quadricauda (Turpin) Brébisson sensu Chodat
Scenedesmus spinosus Chodat
Tetrastrum elegans Playfair
Tetrastrum glabrum (Y.V. Roll) Ahlstrom & Tiffany
Tetrastrum peterfii Hortobagyi
Tetrastrum staurogeniaeforme (Schörder) Lemmermann

Fam. Hydrodictyaceae
Pediastrum tetras (Ehrenber) Ralfs
Pediastrum duplex
Pediastrum duplex var. *duplex*

Orden Oedogoniales
Fam. Oedogoniaceae
Oedogonium sp.

Orden Zygnematales
Fam. Zygnemataceae
Mougeotia sp.
Spirogyra sp.

Fam. Desmideaceae
Closterium sp.
Cosmarium subtumidum Nordstedt in Wittrock, Nordstedt & Lagerheim
Cosmarium botritis Meneghini
Cosmarium sp.
Staurastrum leptocladum Nordstedt
Staurastrum planctonicum Teiling
Staurastrum sp.

Clase BACILLARIOPHYCEAE
Orden Centrales
Fam. Thalassiosiraceae
Aulacoseria granulata (Ehrenberg) Simonsen
Aulacoseria granulata var. *angustisssima* (Muller) Simonsen
Cyclotella meneghiniana Kützing

Orden Pennales
Fam. Diatomaceae
Diatoma vulgaris Bory
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg
Synedra sp.

Fam. Naviculaceae
Craticula cuspidata (Kútzing) D.G. Mann
Cymbella affinis Kützing
Gomphonema dichotomun Kützing
Gomphonema minutum (Agardh) Agardh
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brebisson
Gomphonema parvulum (Kützing) Grunow
Gyrosigma scalproides (Rabenhorst) Cleve
Gyrosigma sp.
Navicula radiosa Kützing
Navicula rhynchocephala Kützing
Navicula tripunctata (Müller) Bory
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg

Fam. Nitzchiaceae
Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow
Nitzschia palea (Kútzing) W. Smith

Clase CHRYSOPHYCEAE
Orden Ochromonadales
Fam. Synuraceae
Mallomonas sp.

Clase EUGLENOPHYCEAE
Orden Euglenales
Fam. Euglenaceae
Euglena viridis Ehrenberg
Euglena sp. 1
Euglena sp. 2
Euglena sp. 3
Phacus lefevrei Bourrelly
Phacus stokessi Lemmermann
Phacus sp.
Trachelomonas hispida (Perty) F. Stein
Trachelomonas sp.

La riqueza específica total en la Laguna Bajo Macagno en el período de muestreo (2018-2019) fue de 107 taxa, de los cuales 14 corresponden a Cyanophyceae, 63 a Chlorophyceae, 20 a Bacillariophyceae, 9 a Euglenophyceae y 1 a Chrysophyceae (Fig. 16).

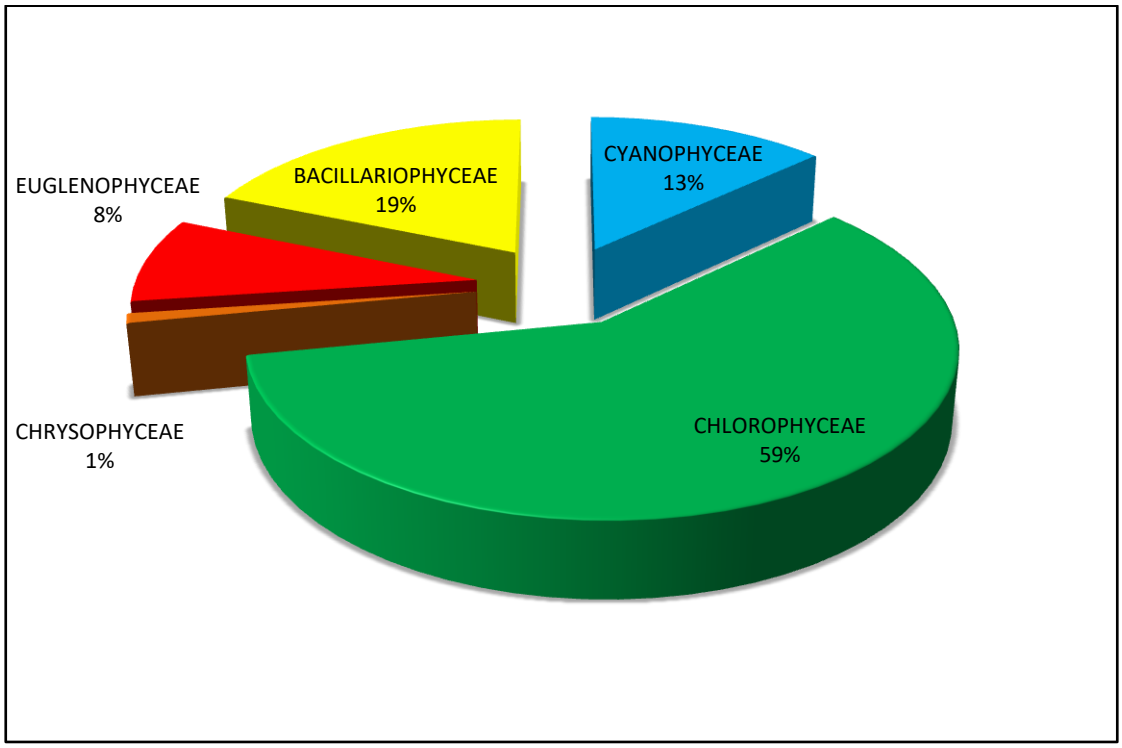


Figura 16: Contribución porcentual de las clases algales a la riqueza especifica de la laguna Bajo Macagno durante un ciclo anual (2018-2019).

En la clase Cyanophyceae, el orden Hormogonales registró el mayor número de especies con un total de 9 taxa, seguido de Chroococcales con 5 taxa (Fig. 17a).

En Chlorophyceae del total de taxa identificados el orden Chlorococcales presentó la mayor riqueza específica con un total de 51 taxa, en segundo lugar Desmidiales con 7, Zygnematales con 2 y Oedogoniales, Chaetophorales y Volvocales con 1 taxa cada uno (Fig. 17b).

En Bacillariophyceae, se reconocieron 17 taxa pertenecientes al orden Pennales y 3 a Centrales (Fig. 17c).

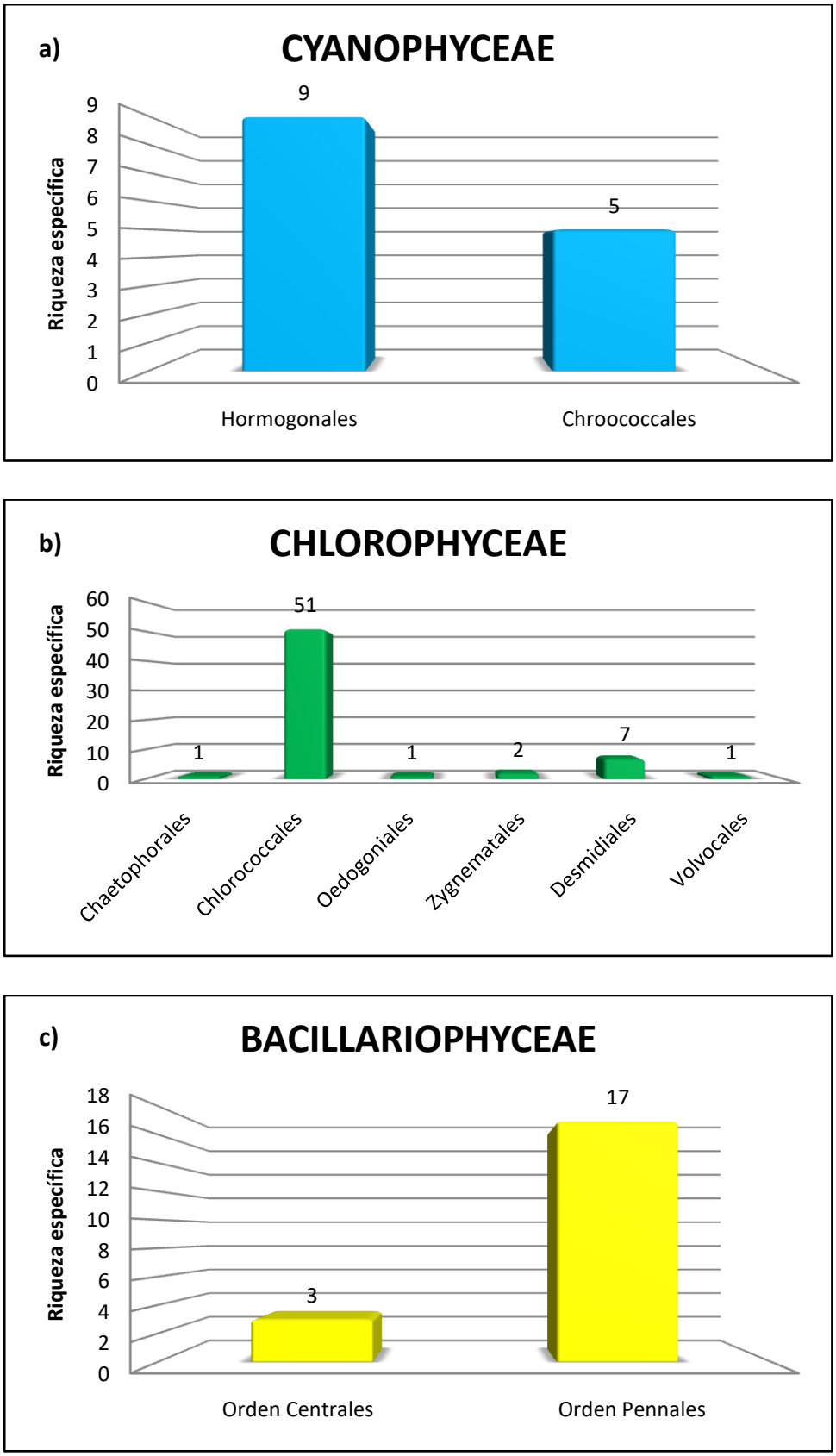


Figura 17: Riqueza específica por orden algales en: a) Cyanophyceae, b) Chlorophyceae y c) Bacillariophyceae. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

En las clases acompañantes Euglenophyceae registró un total de 9 taxa todos del orden Euglenales y en Chrysophyceae se identificó una sola especie del orden Ochromonadales.

El género con mayor número de especies para la clase Cyanophyceae fue *Oscillatoria* con 3 taxa. En Chlorophyceae los géneros más representados fueron *Scenedesmus* (7), *Kirchneriella* y *Tetraedron* (5), *Tetrastrum* (4) y *Actinastrum, Cosmarium, Dictyosphaerium, Monoraphidium, Oocystis, Pediastrum* y *Staurastrum* con 3 cada uno. En Bacillariophyceae los géneros más numerosos fueron *Gomphonema* (4) y *Navicula* (3). En Euglenophyceae lo fueron los géneros *Euglena* con 4 especies y *Phacus* con 3.

Al considerar la estacionalidad de los muestreos, la riqueza específica registró el mayor número de taxa en verano de 2019, con 70 especies. Le sigue primavera con 61, otoño con 31 y por último el invierno con 24 taxa (Fig. 18).

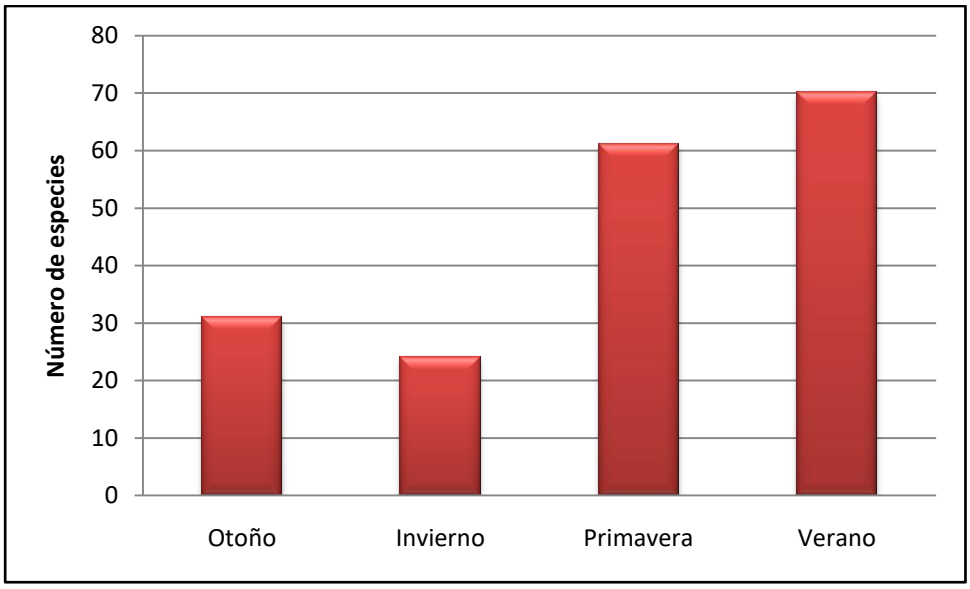


Figura 18: Riqueza específica por estación para la Laguna Bajo Macagno (2018- 2019).

Al considerar las estaciones anuales y los puntos de muestreo se observó que la mayor riqueza específica se registró en primavera del sitio Sur con 50 taxa y la menor riqueza específica se presentó en invierno del sitio Norte (Fig. 19).

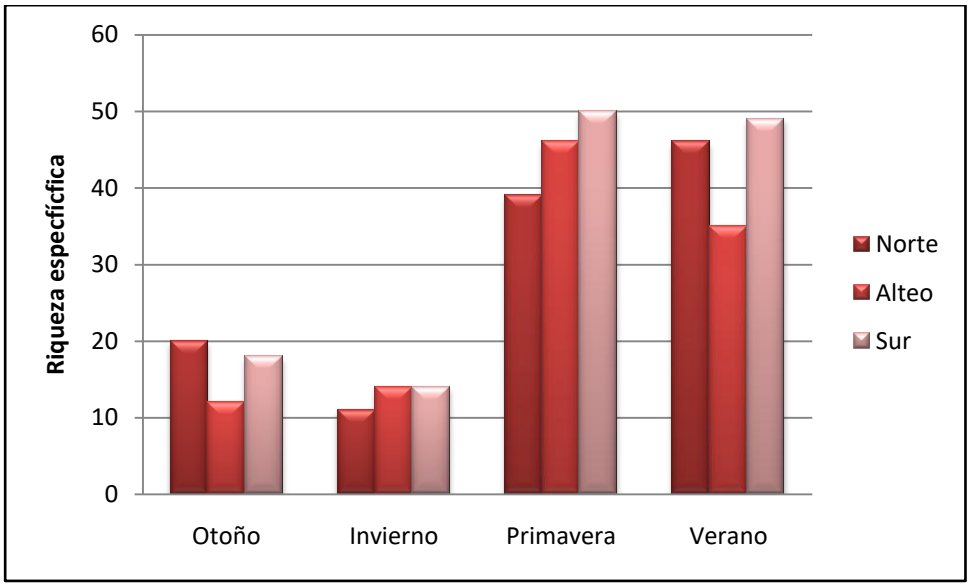
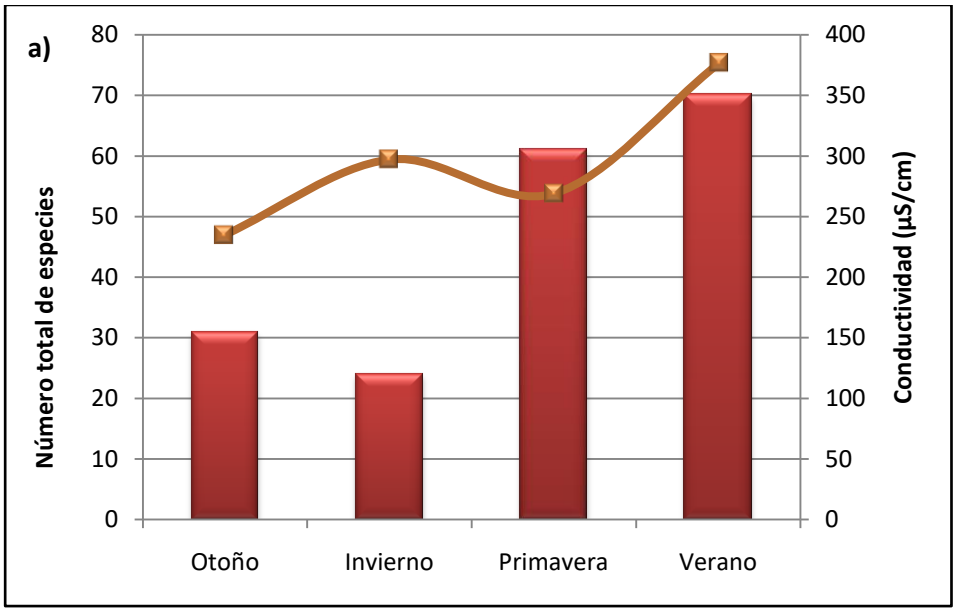


Figura 19: Riqueza específica por estación y por punto de muestreo. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

En las Figuras 20 a y b puede observarse la influencia de la conductividad y la temperatura del agua sobre la riqueza específica. Durante el otoño, donde la temperatura y la conductividad son bajas, se desarrolla menor número de especies que en el verano donde la temperatura del agua y la conductividad aumentan y favorecen el desarrollo de diferentes taxa.



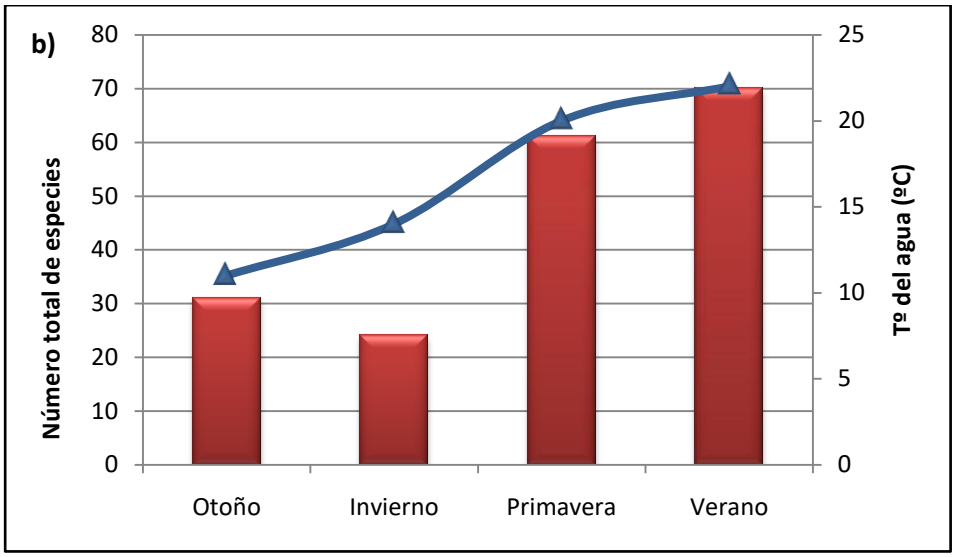


Figura 20: Riqueza específica por estación. Laguna Bajo Macagno (2018-2019) en relación a parámetros físico químicos: a) Conductividad y b) Temperatura del agua.

En otoño se observan las clases Bacillariophyceae y Chlorophyceae con 12 y 11 taxa respectivamente, seguidas por Cyanophyceae con 5, Euglenophyceae con 2 y Chrysophyceae con 1 sólo taxa en el sitio Norte. En invierno, primaron las clases Chlorophyceae con 11 taxa y Bacillariophyceae con 9, Cyanophyceae con 3 y Euglenophyceae con 1. En primavera se destacó del resto de la ficoflora, la clase Chlorophyceae con 41 taxa, luego Bacillariophyceae (9), Cyanophyceae (6) y Euglenophyceae (5). Por último, en verano, predominó la riqueza específica de Chlorophyceae con 45 taxa, luego Cyanophyceae (11), Bacillariophyceae (8) y Euglenophyceae con 6 especies. (Fig. 21)

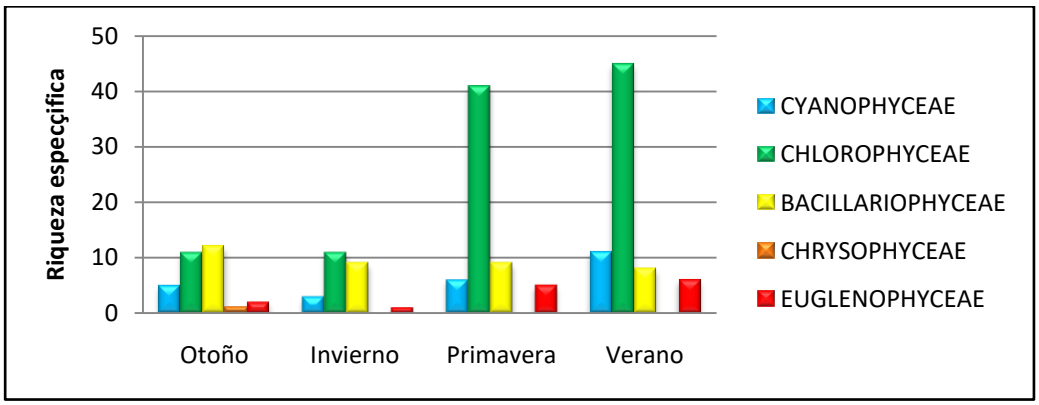


Figura 21: Distribución estacional de la riqueza específica de las clases Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae y Chrysophyceae. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

Durante el otoño todos los sitios presentaron mayor diversidad de Bacillariophyceae respecto del resto de los taxa, y fue el sitio Sur en el que se encontró mayor variedad de esta clase. En invierno los taxa Bacillariophyceae y Chlorophyceae mostraron proporciones similares en todos los sitios, destacándose del resto del resto de las clases algales. En primavera y verano resalta Chlorophyceae por sobre el resto de los taxa en todos los sitios muestreados (Fig. 22).

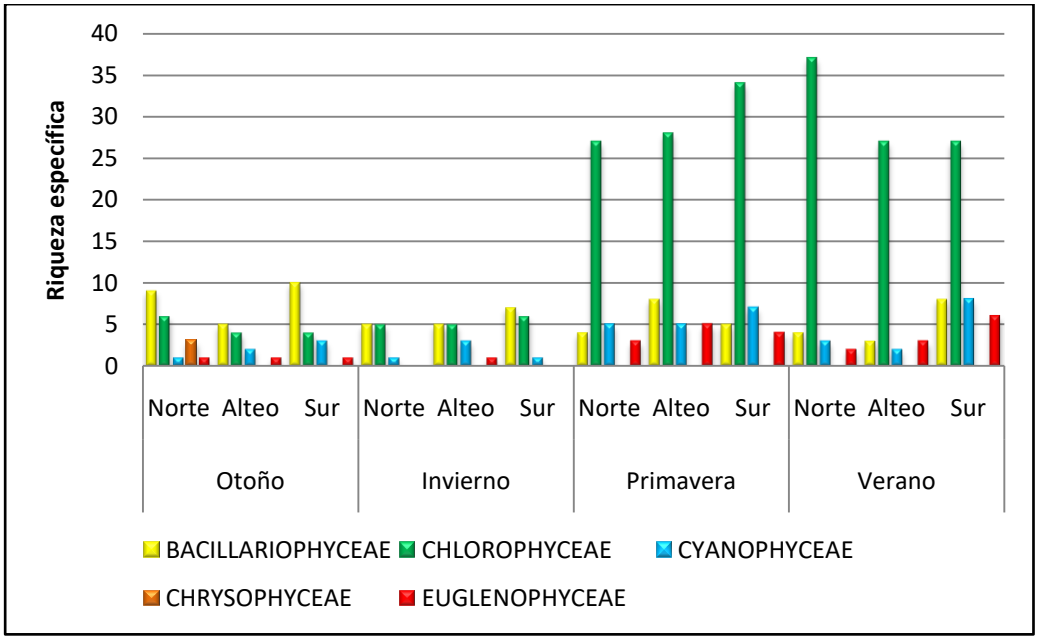
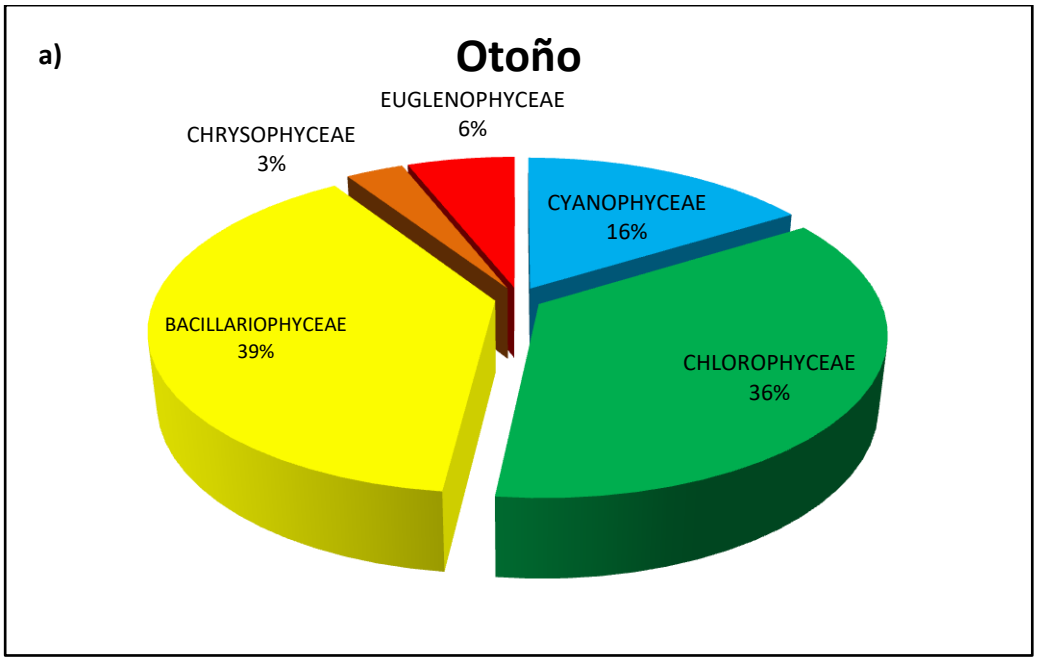
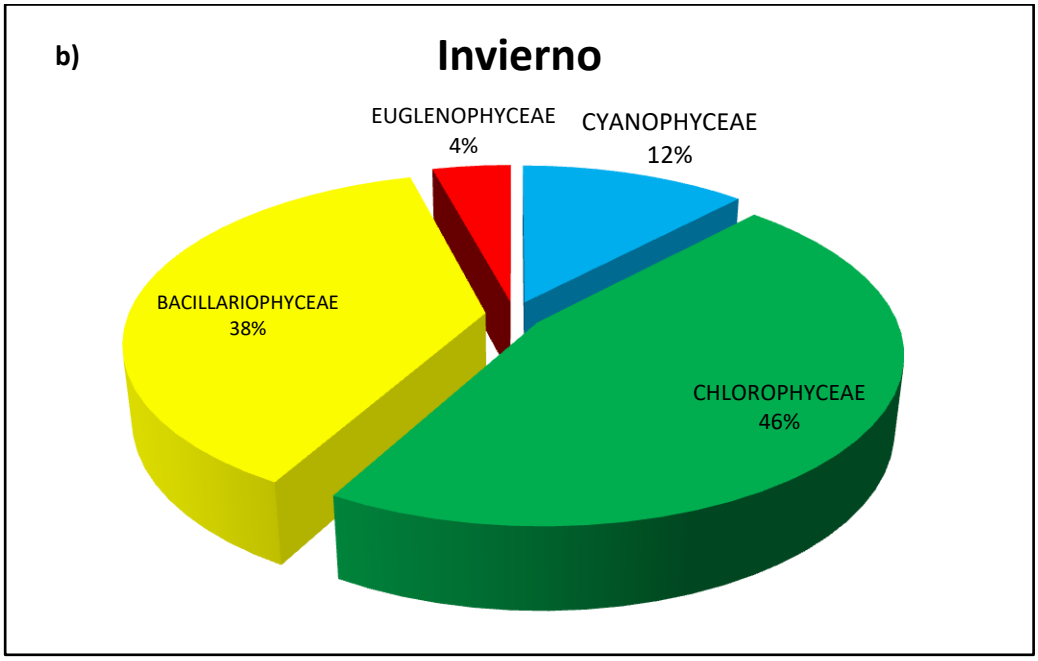
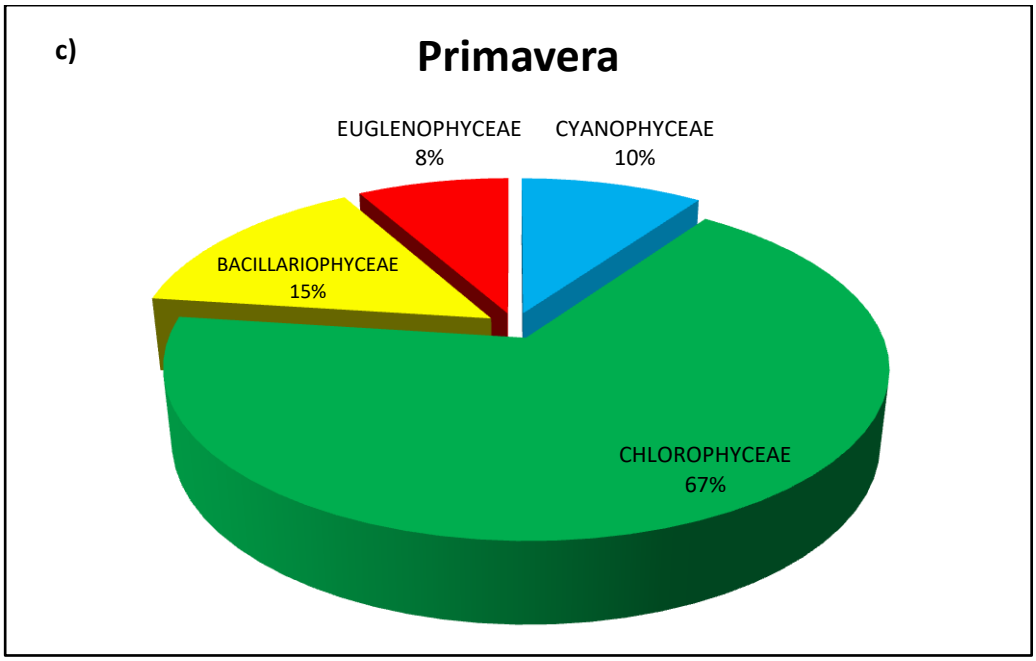


Figura 22: Distribución estacional por punto de muestreo de la riqueza específica de las clases Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae y Chrysophyceae. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

En el otoño de 2018 la clase que más contribuyó a la flora algal fue Bacillariophyceae con 39%, seguida por Chlorophyceae (35%), Cyanophyceae (16%), Euglenophyceae (6%) y Chrysophyceae con 3%. En invierno se destacó la clase Chlorophyceae (46%), seguida por Bacillariophyceae (38%), Cyanophyceae (12%) y Euglenophyceae (4%). En primavera predominó la clase Chlorophyceae con 67%, luego Bacillariophyceae (15%), Cyanophyceae (10%) y Euglenophyceae (8%). Por último, en verano de 2019 también primó Chlorophyceae (64%), seguida por Cyanophyceae (16%), Bacillariophyceae (11%) y Euglenophyceae con 9% de contribución a la ficoflora (Fig. 23 a, b, c, d).


a)
Otoño
EUGLENOPHYCEAE
6%
CHRYSOPHYCEAE
3%
CYANOPHYCEAE
16%
BACILLARIOPHYCEAE
39%
CHLOROPHYCEAE
36%


b)
Invierno
EUGLENOPHYCEAE
4%
CYANOPHYCEAE
12%
BACILLARIOPHYCEAE
38%
CHLOROPHYCEAE
46%



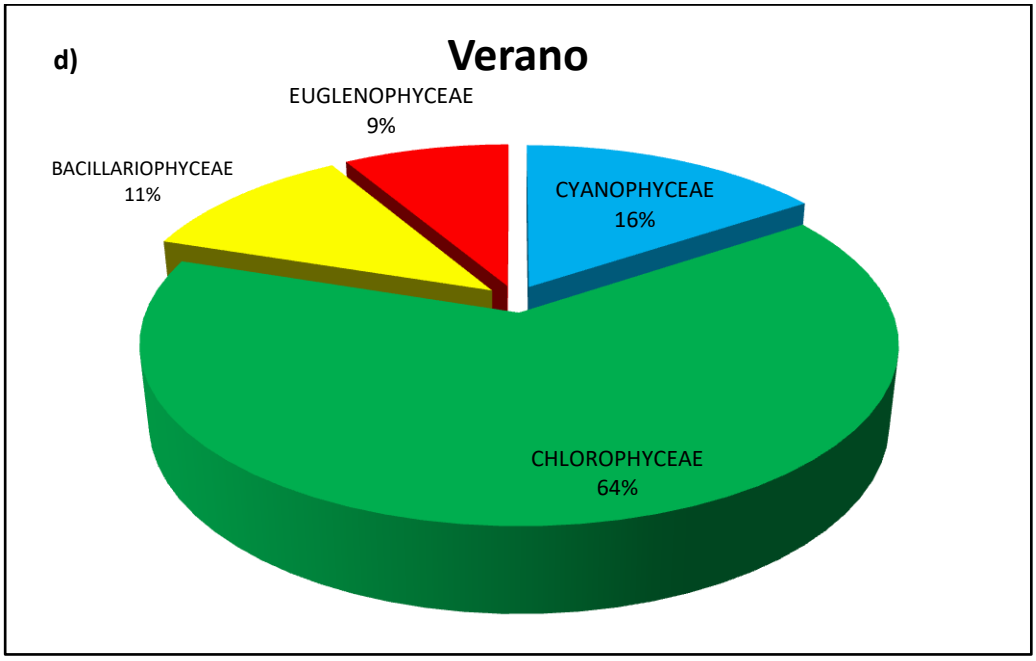


Figura 23: Contribución porcentual de cada clase por estación a la riqueza específica de la Laguna Bajo Macagno. a) Otoño, b) Invierno, c) Primavera y d) Verano. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

En el estudio de la distribución estacional y frecuencia relativa de las algas en la Laguna Bajo Macagno, durante el ciclo anual (Tabla 5) se identificaron con 100% de presencia 4 taxa de Bacillariophyceae, 3 de Chlorophyceae y 2 de Cyanophyceae. Con 75% de presencia se identificaron 7 taxa de Chlorophyceae, 1 de Bacillariophyceae y 1 de Euglenophyceae. Con 50% de presencia de identificaron 21 especies de

Chlorophyceae, 5 de Cyanophyceae, 4 de Bacillariophyceae y 3 de Euglenophyceae. Por último, con 25% de presencia, se identificaron 32 taxa de Chlorophyceae, 11 de Bacillariophyceae, 7 de Cyanophyceae, 6 de Euglenophyceae y 1 de Chrysophyceae.

Tabla 5: Distribución estacional y frecuencia relativa (FR) de las algas presentes en la Laguna Bajo Macagno en el período 2018-2019. (s) saprobiedad y (h) frecuencia

TAXA	Ot	Inv	Pri	Ver	FR%	s	H
Clase CYANOPHYCEAE							
Anabaena circinalis				X	25%	2	1
Anabaena spiroides			X	X	50%	2	3
Aphanocapsa elachista	X	X	X	X	100%	3	5
Chroococcus turgidus				X	25%	3	1
Chroococcus sp.			X	X	50%	3	3
Cylindrospermum stagnale			X		25%	3	1
Lyngbya hyeronymusii			X	X	50%	2	3
Merismopedia glauca				X	25%	3	1
Merismopedia tenuissima				X	25%	3	1
Oscillatoria pseudogeminata var. *unigranulata*		X		X	50%	3	3
Oscillatoria splendida	X				25%	2	1
Oscillatoria subbrevis	X			X	50%	2	3
Phormidium tenue	X	X	X	X	100%	2	5
Phormidum frigidum	X				25%	2	1
Clase CHLOROPHYCEAE							
Actinastrum gracillium			X		25%	2	1
Actinastrum raphioides				X	25%	3	1
Actinastrum sp.				X	25%	2	1
Ankistrodesmus falcatus	X	X	X	X	100%	3	5
Ankistrodesmus fusiformis				X	25%	3	1
Botryococcus braunii	X	X	X	X	100%	2	5
Chlamydomonas sp.	X	X	X		75%	3	5
Chlorella vulgaris	X				25%	3	1
Closteriopsis acicularis			X	X	50%	3	3
Closterium sp.				X	25%	2	1
Coelastrum microporum		X	X		50%	2	3
Cosmarium botritis			X	X	50%	2,5	3
Cosmarium subtumidum		X	X	X	75%	2	5
Cosmarium sp.				X	25%	2	1
Crucigenia tetrapedia			X		25%	2	1
Dictyosphaerium erhenbergianum			X	X	50%	2	3
Dictyosphaerium pulchellum				X	25%	2	1
Dictyosphaerium sp.				X	25%	2	1
Franceia ovalis			X		25%	2	1

TAXA	Ot	Inv	Pri	Ver	FR%	s	H
Golenkinia radiata			X	X	50%	3	3
Kirchneriella aperta				X	25%	2	1
Kirchneriella contorta			X	X	50%	3	3
Kirchneriella irregularis				X	25%	3	1
Kirchneriella lunaris				X	25%	2	1
Kirchneriella obesa	X		X	X	75%	2	5
Lagerheimia ciliata			X		25%	2	1
Lagerheimia subsalsa			X	X	50%	2	3
Micractinium pusillum	X				25%	2	1
Monoraphidium arcuatum	X		X	X	75%	3	5
Monoraphidium indicum			X	X	50%	3	3
Monoraphidium irregulare	X			X	50%	3	3
Mougeotia sp.			X		25%	1	1
Oedogonium sp.		X	X		50%	2	3
Oocystis lacustris			X	X	50%	2	3
Oocystis parva		X	X	X	75%	3	5
Oocystis solitaria		X		X	25%	2	1
Pediastrum duplex	X	X	X	X	100%	2	5
Pediastrum duplex var. *duplex*				X	25%	2	1
Pediastrum tetras		X		X	50%	2	3
Scenedesmus acuminatus			X		25%	2	1
Scenedesmus arcuatus	X		X	X	75%	2	5
Scenedesmus biccaudatus			X	X	50%	3	3
Scenedesmus ecornis			X		25%	3	1
Scenedesmus opoliensis	X		X		50%	2	3
Scenedesmus quadricauda			X	X	50%	2	3
Scenedesmus spinosus			X	X	50%	3	3
Schroederia setigera			X	X	50%	2	3
Sphaerocystis scroeteri			X		25%	1	1
Spirogyra sp.			X		25%	3	1
Staurastrum leptocladum			X		25%	2	1
Staurastrum planctonicum				X	25%	2	1
Staurastrum sp.				X	25%	2	1
Stigeoclonium tenue			X		25%	3	1
Tetraedron caudatum			X	X	50%	2	3
Tetraedron hastatum			X	X	50%	2	3
Tetraedron minimun		X	X	X	75%	2	5
Tetraedron trigonum			X	X	50%	2	3
Tetraedron sp.			X		25%	2	1
Tetrastrum elegans				X	25%	2	1
Tetrastrum glabrum			X	X	50%	2	3
Tetrastrum peterfii				X	25%	2	1
Tetrastrum staurogeniaeforme				X	25%	2	1
Treubaria triappendiculata				X	25%	2,5	1

TAXA	Ot	Inv	Pri	Ver	FR%	s	H
Clase BACILLARIOPHYCEAE							
Aulacoseira granulata	X	X	X	X	100%	2	5
Aulacoseira granulata var. *angustissima*	X	X	X	X	100%	4	5
Craticula cuspidata	X	X	X	X	100%	3	5
Cyclotella meneghiniana		X	X		50%	3	3
Cymbella affinis				X	25%	2	1
Diatoma vulgaris	X				25%	3	1
Gomphonema dichotomun	X				25%	3	1
Gomphonema minutum	X				25%	3	1
Gomphonema olivaceum		X	X	X	75%	2	5
Gomphonema parvilum	X				25%	3	1
Gyrosigma scalproides			X		25%	3	1
Gyrosigma sp.			X		25%	2	1
Hantzschia amphioxys	X	X			50%	3	3
Navicula radiosa	X	X	X	X	100%	3	5
Navicula rhynchocephala	X				25%	3	1
Navicula tripunctata		X			25%	4	1
Nitzschia palea	X		X		50%	4	3
Pinnularia viridis				X	25%	1	1
Synedra ulna	X	X			50%	2	3
Synedra sp.				X	25%	3	1
Clase CHRYSOPHYCEAE							
Mallomonas sp.	X				25%	1	1
Clase EUGLENOPHYCEAE							
Euglena viridis				X	25%	3	1
Euglena sp. 1			X	X	50%	3	3
Euglena sp. 2			X		25%	3	1
Euglena sp. 3				X	25%	3	1
Phacus lefevrei	X				25%	3	1
Phacus stokessi	X	X	X		75%	3	5
Phacus sp.				X	25%	3	1
Trachelomonas hispida			X	X	50%	2	3
Trachelomonas sp.			X	X	50%	3	3

***Concentración de clorofila "a"**

Los valores de concentración de clorofila "a" de la Laguna Bajo Macagno se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Concentración estacional de clorofila "a". Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Concentración clorofila "a" (mg/L)	0,97	1,33	2,27	2,91

La concentración de clorofila "a" fue en aumento desde otoño de 2018 con 0,97 mg/L hasta el verano de 2019, con un máximo de 2,91 mg/L (Fig. 24).

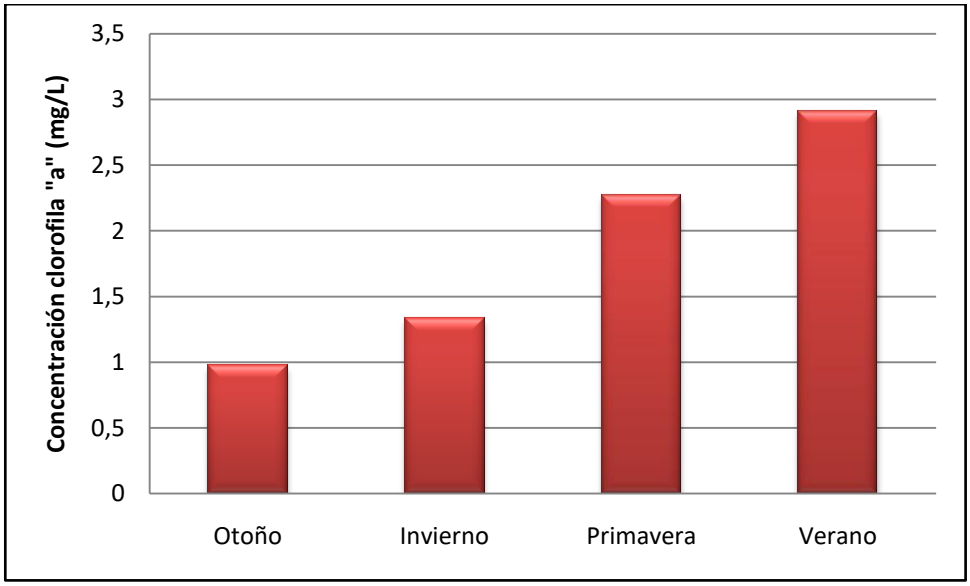


Figura 24: Concentración estacional de clorofila "a". Laguna Bajo Macagno (2018-2019)

***Análisis de Similitud de Bray-Curtis**

El análisis realizado para determinar el grado de similitud de la comunidad ficológica de la Laguna Bajo Macagno para el ciclo anual 2018-2019, según el coeficiente de Bray-Curtis, dejó en evidencia dos grandes clatros: Otoño-Invierno y Primavera-Verano con una similitud de 36%. La mayor similitud de 74% se registró en la estación primavera para los sitios de muestreo Norte y Sur (Figs. 25 y 26). En el Anexo I se presenta la tabla presencia-ausencia por sitio de muestreo y estación del año.

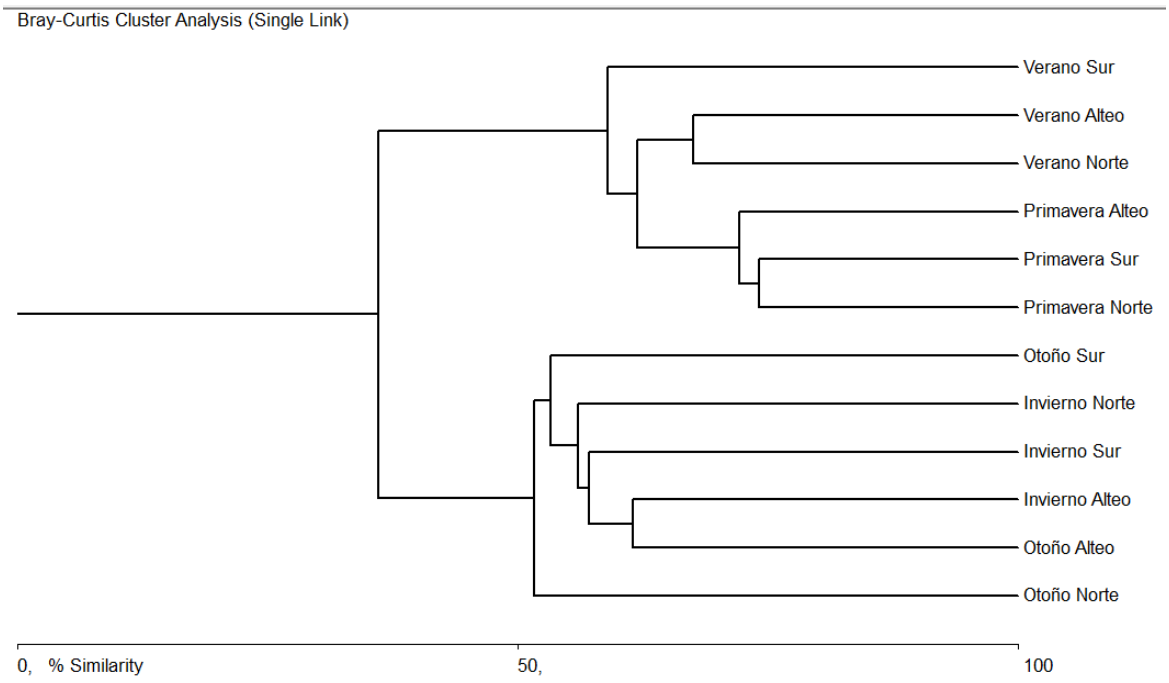


Figura 25: Grado de similitud de la ficoflora de la Laguna Bajo Macagno en las distintas estaciones del año y puntos de muestreo (2018-2019) representado en el dendrograma de Bray-Curtis.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Step	Clusters	Distance	Similarity	Joined 1	Joined 2							
2	1	11	25,84269714	74,15730286	7	9							
3	2	10	27,83505249	72,16494751	7	8							
4	3	9	32,5	67,5	10	11							
5	4	8	38,09523773	61,90476227	7	10							
6	5	7	38,46154022	61,53845978	2	5							
7	6	6	41,05263138	58,94736862	7	12							
8	7	5	42,8571434	57,1428566	2	6							
9	8	4	44	56	2	4							
10	9	3	46,66666794	53,33333206	2	3							
11	10	2	48,38709641	51,61290359	1	2							
12	11	1	63,93442535	36,06557465	1	7							
13	Similarity Matrix												
14		Otoño N	Otoño A	Otoño S	Invierno N	Invierno A	Invierno S	Primav. N	Primav. A	Primav. S	Verano N	Verano A	Verano S
15	Otoño N	*	50	47,3684	51,6129	47,0588	41,1765	23,7288	23,8806	22,8571	21,5385	25,4545	28,5714
16	Otoño A	*	*	53,3333	52,1739	61,5385	53,8462	19,6078	23,7288	16,129	24,5614	29,7872	19,3548
17	Otoño S	*	*	*	48,2759	50	37,5	28,0702	21,5385	20,5882	25,3968	22,6415	29,4118
18	Invierno N	*	*	*	*	56	48	32	27,5862	26,2295	28,5714	30,4348	29,5082
19	Invierno A	*	*	*	*	*	57,1429	26,4151	32,7869	21,875	30,5085	28,5714	34,375
20	Invierno S	*	*	*	*	*	*	33,9623	36,0656	28,125	30,5085	24,4898	28,125
21	Primav. N	*	*	*	*	*	*	*	72,093	74,1573	61,9048	59,4595	58,427
22	Primav. A	*	*	*	*	*	*	*	*	72,1649	54,3478	48,7805	57,732
23	Primav. S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	56,8421	54,1176	54
24	Verano N	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	67,5	58,9474
25	Verano A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	58,8235
26	Verano S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Figura 26: Matriz resultante de la aplicación del índice de Similitud de Bray-Curtis en las distintas estaciones del año y puntos de muestreo Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

***Índices de Nygaard**

Los resultados obtenidos de aplicar las fórmulas de Nygaard (1949): Índice de Diatomeas, Índice de Clorofitas e Índice Compuesto calculados para las diferentes estaciones del año en los diferentes sitios de muestreo son presentados en la tabla 7.

Tabla 7: Resultado de los índices de Nygaard. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

Índices		Índice de Diatomeas	Índice de Clorofitas	Índice Compuesto
Otoño	Norte	0,29	-	-
	Alteo	0,67	-	-
	Sur	0,25	-	-
	Promedio	**0,40**	**-**	**-**
Invierno	Norte	0,25	-	-
	Alteo	0,67	-	-
	Sur	0,75	4,00	8,00
	Promedio	**0,56**	**4,00**	**8,00**
Primavera	Norte	0,33	12,50	17,00
	Alteo	0,60	11,50	18,00
	Sur	0,67	9,33	13,67
	Promedio	**0,53**	**11,11**	**16,22**
Verano	Norte	1,00	8,25	10,00
	Alteo	2,00	5,75	7,50
	Sur	0,33	5,75	9,75
	Promedio	**1,11**	**6,58**	**9,08**

En otoño e invierno, por ausencia de Desmidiales, en los sitios Norte y Alteo no se pudo calcular el índice de Clorofitas y el Compuesto. Los resultados obtenidos de aplicar todos los índices, clasifican a la laguna como eutrófica durante el ciclo anual muestreado.

***Índice de saprobiedad de Plantle & Buck**

El índice de Plantle & Buck (1955) calculado en la Laguna Bajo Macagno para el período muestreado registró un valor de saprobiedad S= 2,48 que indica aguas β mesosapróbicas de contaminación moderada a alta.

*** Índice de Carlson**

El índice de estado trófico (TSI) de Carlson & Simpson (1996) para la Laguna Bajo Macagno arrojó los siguientes resultados visibles en la tabla 8.

Tabla 8: Valores estacionales de TSI (SD) y TSI (CHL) para la Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
TSI (SD)	58,4	60,7	71,5	66
TSI (CHL)	30,3	33,4	38,6	41,1

Los valores de TSI (SD) permiten clasificar a la Laguna Bajo Macagno como eutrófica durante todo el año excepto en la primavera donde su estado alcanza a hipereutrófica.

Los valores de TSI (CHL) la ubican en la categoría de oligotrófica durante todo el año, excepto en verano donde su estado llega a mesotrófica. La relación entre estas variables (transparencia y concentración de clorofila "a") corresponde al 68,5%, es decir, que la concentración de clorofila "a" explica en un 68,5% la transparencia medida con el disco de Secchi (Fig. 27).

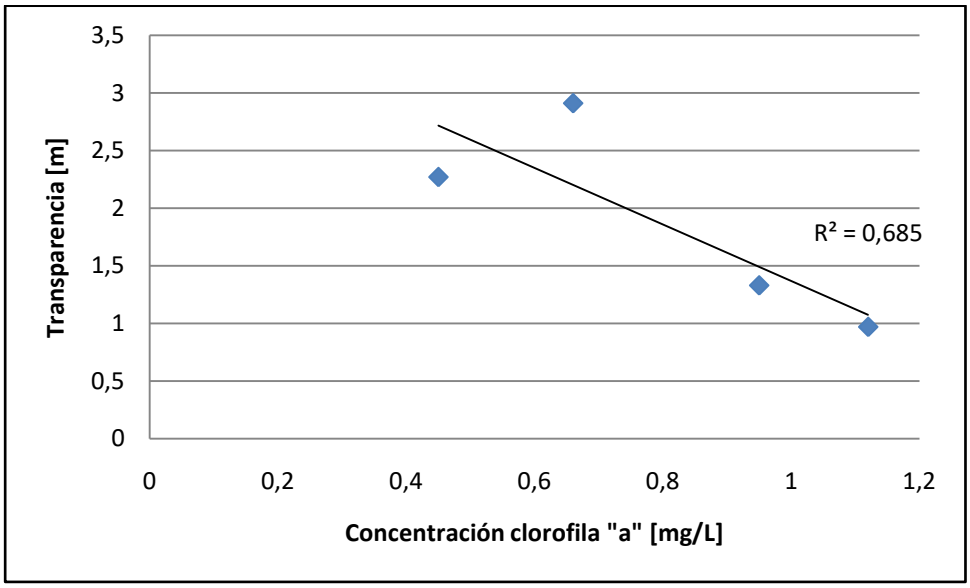


Figura 27: Relación entre transparencia [m] y concentración de clorofila "a" [mg/L]. Laguna Bajo Macagno (2018-2019).

7. DISCUSIÓN

La Laguna Bajo Macagno es un sistema lentico somero, polimíctico y de régimen semipermanente, sujeto a procesos de eutrofización natural (Quirós & Drago, 1999). Corresponde al grupo de lagunas pampeanas turbias identificadas por mayores densidades de fitoplancton, con escaso desarrollo de macrófitas y donde las comunidades planctónicas son heterogéneas (Izaguirre & Vinocur, 1994).

Las comunidades que componen este cuerpo de agua: Chlorophyceae, Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae y Chrysophyceae son en gran parte consecuencia de las características de la cuenca de drenaje y de las actividades que en ella se desarrollan (Wetzel, 2001; Quirós et al. 2002b; Sánchez et al. 2007).

Los factores ambientales variaron estacionalmente acorde a los cambios propios del clima subhúmedo-seco, característico de la región fisiográfica oriental de la provincia. La temperatura del agua estuvo condicionada por los valores térmicos ambientales registrados para cada estación, los registros de pH fluctuaron dentro del rango alcalino descripto para lagunas someras dominadas por fitoplancton (Álvarez & Bazán, 1994; Quirós et al., 2002; Bazán, 2010; Huber, 2010).

Las clases Chlorophyceae, Cyanophyceae, Bacillariophyceae y Euglenophyceae estuvieron presentes todo el año. Chrysophyceae sólo se registró en otoño, con *Mallomonas* sp. indicadora de escasa concentración de nutrientes y asociada a aguas oligotróficas o mesotróficas (Echaniz et al., 2008; Echaniz & Vignatti, 2009; Brettum & Andersen, 2005).

La riqueza específica de la Laguna Bajo Macagno para el período comprendido entre junio 2018 y marzo 2019 fue de 107 taxa. El ciclo anual, acorde con las temperaturas estacionales destaca dos grupos con contrastes notorios en la distribución porcentual de taxa para las distintas clases mencionadas. El primer grupo comprende las estaciones de otoño e invierno, donde la distribución es más bien igualitaria entre Chlorophyceae y Bacillariophyceae. El segundo grupo incluye las estaciones de primavera y verano, donde se registra una importante riqueza específica de Chlorophyceae, mayor al 60% del total de especies. Diversos investigadores describen a las clorofitas como las algas más importantes cualitativamente en ambientes lenticos, favorecidas por su alta variabilidad morfométrica (Happey-Wood, 1998; Huber, 2010).

El mayor porcentaje de Chlorophyceae identificadas corresponde al orden Chlorococcales, grupo abundante en lagunas temporarias (Roldán Pérez, 1992), resultados que coinciden con los obtenidos en otros cuerpos lenticos de la región pampeana (Bazán et al., 2003; Bazán, 2010; Oriani 2014; Almeyda 2015; Olivera, 2015; Vizzo, 2018). Dentro de este orden, predominaron géneros de rápido crecimiento y alta tasa de renovación (*Scenedesmus*, *Kirchneriella*, y *Tetraedron*), que indican un grado de eutrofia moderado a alto (Bazán, 2010). Una de las especies que estuvo presente durante todo el período de muestreo fue *Botryococcus braunii*, un taxa interesante para destacar pues que tiene la capacidad de sintetizar y liberar lípidos utilizados en la obtención de hidrocarburos (Largeau et al., 1980).

Las cianobacterias son organismos frecuentes en cuerpos de agua eutrofizados y de pH alcalino, condiciones presentes en la Laguna Bajo Macagno durante todo el año (Dantas et al., 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2011; Bazán et al., 2014). De la clase Cyanophyceae las especies *Aphanocapsa elachista* y *Phormidium tenue* prevalecieron durante todo el ciclo de muestreo. La primera de ellas, *A. elachista*, es mencionada por Ferrer et al. (2012) como productora de floraciones potencialmente tóxicas.

Respecto a la flora diatomológica 17 de los 20 taxa identificados pertenecen al orden Pennales, y los géneros con mayor número de especies son *Gomphonema* y *Navicula* tolerantes a elevada concentración de nutrientes que indican aguas mesosapróbicas y mesotróficas (Michels 1998; Licursi & Gómez, 2003). En el orden Centrales se destacaron las especies *Aulacoseira granulata* y *A. granulata* var. *unigranulata*. Son cosmopolitas de amplia distribución y citada para lagos desde oligotróficos a eutróficos (Kiss et al., 2012; Bicudo et al., 2016). Durante el invierno y la primavera se observó la presencia de *Cyclotella meneghiniana*, importante indicadora de salinidad y eutrofización (Santoyo & Signoret, 1978; Sabater et al., 1988; Izaguirre & Vinocur, 1994; Salusso et al., 1997; Ferrer et al., 2012).

La riqueza específica de Euglenophyceae estuvo compuesta por organismos del orden Euglenales y se destacaron los géneros *Euglena* y *Phacus*, muy abundantes en charcos y lagunas temporales con alto contenido de materia orgánica (Roldán Pérez, 1992; Padisák et al., 2003; Alves-da-Silva et al., 2007; Bellinger & Sigee, 2010; Bohn et al., 2012). Los géneros *Trachelomonas y Euglena* se registraron sólo en primavera y verano, en concordancia con las mayores temperaturas y menores valores de pH, ya

que aguas ligeramente alcalinas y con alto contenido de materia orgánica favorecen el desarrollo de estos géneros (Guillén, 2010; Alves-da-Silva et al., 2013).

El análisis de Bray-Curtis para determinar el grado de similitud de la comunidad algal de la Laguna Bajo Macagno diferenció dos grandes clatros con 36% de similitud: primavera-verano y otoño-invierno. Este claro agrupamiento es consecuencia del notorio aumento de presencia de las clases Chlorophyceae y Euglenophyceae en primavera-verano debido a las condiciones templadas del medioambiente que favorecieron su desarrollo (Carillo et al., 2009). Las cianobacterias y diatomeas no variaron sensiblemente su porcentaje durante todo el año.

El sistema de saprobios, permite caracterizar la calidad del agua a través de la presencia de grupos de especies algales, donde la saprobiedad es una medida del grado de contaminación por materia orgánica. En la Laguna Bajo Macagno, para el período de muestreo considerado, el índice de saprobiedad de Plante & Buck arrojó un valor de S= 2,48. Este valor ubica a la laguna en el rango de β-mesosapróbico, indicando aguas moderadamente contaminadas. Este resultado coincide con los obtenidos por otros investigadores para lagunas del este de la Provincia de La Pampa (Olivera, 2015; Oriani et al., 2017; Vizzo, 2018).

Los índices de Nygaard (Diatomeas, Clorofitas y Compuesto) clasifican a la Laguna Bajo Macagno como eutrófica. Resultado que se corresponde con los obtenidos por otros autores para cuerpos de agua de características similares (Bazán, 2010; Almeyda, 2015; Olivera, 2015; Vizzo, 2018).

Respecto a los resultados obtenidos de aplicar el Índice de Carlson, el basado en transparencia TSI (SD) ubica a la laguna entre eutrófica e hipereutrófica, con valores que van de 58,4 en otoño a 71, 5 en primavera. El índice basado en clorofila TSI (CHL) ubica a la Laguna Bajo Macagno entre oligotrófica y mesotrófica, con valores de 30,3 en otoño y 41,1 en verano. La concentración de clorofila “a” explica en un 68,5% la transparencia medida con el disco de Secchi, el 31,5% restante podría estar dado por la presencia de sólidos disueltos, que disminuyen la transparencia del agua y la ubican en el rango de eutrófica-hipereutrófica. Se debe recordar que la laguna se encuentra ubicada la vera de un alteo recientemente construido sobre una ruta nacional con alto nivel de circulación vehicular (Condé, 2004; Coelho et al., 2007; Echaniz & Vignatti, 2009; López Martínez & Madroñero Palacios, 2015). Los resultados obtenidos en el

índice TSI (CHL) son coincidentes con los publicados por Echaniz & Vignatti (2009) en el Embalse Casa de Piedra, que mencionan que el disco de Secchi no es un buen indicador del estado trófico en ese cuerpo de agua. Resultados similares registra Cony et al. (2014) en la laguna Sauce Grande (Buenos Aires), donde hay una relación significativa entre turbidez y concentración de clorofila "a", que indica la naturaleza orgánica del material en suspensión y ubica a ese cuerpo de agua en la categoría de hipereutrófica. Las lagunas Sauce Grande (Bs. As.) y Don Tomás (L.P.) fueron clasificadas como hipereutróficas al aplicar el índice de Carlson (Pilati et al., 2009; Echaniz et al. 2008; Ferrer et al., 2012).

8. CONCLUSIONES

Los registros de los parámetros físico-químicos como temperatura del agua y del aire, transparencia, pH y conductividad mostraron fluctuaciones estacionales que se registran normalmente como típicas para el centro de la región pampeana.

La distribución de las especies se modificó a través del ciclo anual, presentándose la mayor riqueza específica en primavera y verano y la menor en invierno.

La comunidad fitoplanctónica de este cuerpo de agua está compuesta en su mayoría por organismos pertenecientes a la clase Chlorophyceae, seguido por las clases Bacillariophyceae y Cyanophyceae. Respecto a la distribución de especies en cada punto de muestreo la mayor riqueza específica (33) se encuentra en el sitio Sur, seguido por el sitio Norte (29 especies) y en el sitio Alteo con 26 especies.

Mediante la aplicación de índices bióticos se ubica a la Laguna Bajo Macagno como eutrófica, típica de la región pampeana.

El desarrollo del presente trabajo permitió aceptar las hipótesis planteadas al corroborar que la composición y distribución del fitoplancton de la Laguna Bajo Macagno sigue un patrón estacional, que son influidas por factores físico-químicos y ambientales, y que la caracterización bioecológica de las especies algales permite determinar la calidad y estado trófico del cuerpo de agua.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEYDA, M. D. 2015. Estudio de la biodiversidad algal y su uso en la determinación del estado trófico y calidad de agua: Laguna Pichi Luan (La Pampa, Argentina). Tesis de grado. Universidad Nacional de La Pampa. 56 pp.

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

ALVAREZ, S. B.; A. E. BIASOTTI; J. BERNARDOS & G. I. BAZÁN. 2006. Ficoflora de la Laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). Biología Acuática, 22: 1-6.

ALVAREZ, S. B.; G. I. BAZÁN & M. T. WENZEL. 2000. Hormogonales (cyanophyta) de la Laguna El Guanaco (La Pampa, Argentina). Darwiniana, 38(3/4), 279-284. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/23223894.

ALVES-DA-SILVA, S.; G. HERMANY & M. A. OLIVEIRA. 2007. Diversity and ecologycal considerations on pigmented Euglenophyceae in the state park of the Jacuí Delta, Rio Grande de sul, southern Brazil. Biociências, Porto Alegre, 15(1): 8-20.

BARINOVA, S. & E. NEVO. 2010. The upper Jordan river algal communities are evidence of long-term climatic and antropogenic impacts. J. wáter Resource and Protection. 2: 507-526.

BARINOVA, S.; L. KUKHALEISHVILI; E. NEVO & Z. JANELIDZE. 2011. Diversity and ecology of algae in the Algeti National Park as a part of the Georgian system of protected areas. Turk J. Bot. 35: 729-774.

BARINOVA, S.; L. MEDVEDEVA & E. NEVO. 2008. Regional influences on algal biodiversity in two polluted rivers of Eurasia (Rudnaya river, Russi and Qishon river, Israel) by indication and canonical correspondence analysis. Applied Ecology and Environmental Research. 6 (4): 29-59.

BAZÁN, G. I. 2010. Estudios ficológicos en el sistema lenítico de La Arocena (Departamento Maracó), La Pampa, Argentina. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto. 203 pp.

BAZÁN, G. I.; D. ALMEYDA; L. OLIVERA & M. B. ORIANI. 2014. Biodiversidad fitoplanctonica en tres lagunas someras de la Provincia de La Pampa, Argentina. Biología Acuática Nº 30: 47-57.

BAZÁN, G. I.; M. J. GALEA & A. BIASOTTI. E. 2018. Estado trófico de la laguna La Arocena (Pcia. de La Pampa, Argentina): aplicación de índices biológicos. VII Congreso Pampeano de Agua, 41-55. Sec. de Rec. Hídricos. ISBN 978-987-46831-0-6.

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

BELLINGER, E. G & D. C. SIGEE. 2010. The freshwater algae. Identifiation and use as bioindications. Wiley-Blackwell Ed. 210 pp.

BIASOTTI, A. E. 2016. Ficoflora de la llanura aluvial del Río Colorado (Patagonia, Argentina). Distribución temporal de la comunidad fitoplanctónica continental. PUBLICIA. ISBN 978-3-8416-8139-3. 156 pp.

BICUDO D.; P. TREMARIN; P. ALMEIDA; S. ZORZAL-ALMEIDA; S. WENGRAT & S. FAUSTINO. 2016. Ecology and distribution of Aulacoseira species (Bacillariophyta) in tropical reservoirs from Brazil. Diatom Research. 31:1-17.

BIODIVERSITY PROFESIONAL Copyright © 1997. *The Natural History Museum and the Scottish Association For Marine Science BioDiversity, NHM & SAMS*. http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.; A. N. MOURA; T. C. HEREMAN & E. W. DANTAS. 2011. Increase in straight and coiled *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) populations under conditions of termal de-stratification in a shallow tropical reservoir. J. Water Resour Prot 3: 245-252.

BOHN, V. Y.; M. C. PICCOLO; P. D. PRATOLONGO & G. M. E. PERILLO. 2012. Evaluación del estado trófico de dos lagunas pampeanas (Argentina). Ecología Nº 24: 11-26.

BOURRELLY, P. 1968. Les algues d'eau douce, initiation a la systématique. Tome II: Les algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Editions N. Boubée cie. 438pp.

BOURRELLY, P. 1970. Les alguesd'eaudouce, initation a la systématique. Tome III: Les Alguesbleues et rouges. Les Eugleniens, Perdiniens et Cryptomonadines. Editions N. BoubéeCie, 572 pp.

BOURRELLY, P. 1972. Les alguesd'eaudouce, initiation a la systématique. Tome I: Les AlguesVertes. Editions N. BoubéeCie, 572 pp.

BRAY, J. R. & J. T. CURTIS. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecol. Monogr., 27: 325-349.

BRETTUM, P. & T. ANDERSEN. 2005. The use of phytoplankton as indicators of water quality. The Research Council of Norway. Report nº 20032. Serial nº 4818-2004. 33 pp.

CANO, E.; G. CASAGRANDE; H. CONTI; J. SALAZAR LEA PLAZA; C. PEÑA ZUBIATE; D. MALDONADO PINEDO; H. MARTINEZ; C. SCOPPA; B. FERNANDEZ; M. MONTES; J. MUSIO & A. P. IALUGA. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. INTA, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Pcia. de L.P., Fac. de Agron. UNLPam. Bs. As. 257 pp.

CARLSON, R. 1977. A Trophic State Index for Lakes. Limnology and Oceanography, 22(2): 361-369.

CARLSON, R. E. & J. SIMPSON. 1996. A Coordinator`s Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society. 96 pp.

CARRILLO, U.; N. GARBELLONE & L. SOLARI. 2009. Algas fitoplanctónicas de ambientes lénticos y lóticos de la cuenca del Río Salado: Tolerancia a factores físicos. Biología Acuática 26: 33-35.

COELHO, S.; S. GAMITO & A. PÉREZ-RUZAFA. 2007. Trophic state of Foz de Almargem coastal lagoon (Algarve, South Portugal) based on the water quality and the phytoplankton community. En: Estuarine, Coastal and Shelf Science, 71(1-2), 218-231.

CONDÉ, M. 2004. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliacão dos métodos de monitoramento (tesis doctoral). Universidade de São Paulo. São Paulo. 238 pp.

CONY, N. L.; N. C. FERRER & E. J. CÁCERES. 2014. Evolución de un lago somero de la Región Pampeana: Laguna Sauce Grande (Pcia. de Buenos Aires, Argentina). Biología Acuática, Nº30: 79-91.

DANTAS, E.; A. N. MOURA & M. BITTENCOURT-OLIVEIRA. 2011. Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid región of Brazil. An. Acad. Bras. Ciênc. [on line]. Vol. 83, N. 4, 1327-1338 pp. ISSN 001-3765. http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37682011000400019.

DESIKACHARY, T. V. 1959. Cyanophyta. Ind. Counc. Agr. Res., New Delhi, pp.1-686.

DOLBETH, M.; M. A. PARDAL; A. I. LILLEBLO; U. AZEITEIRO & J. C. MARQUES. 2003. Short -and long- term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. Marine Biology, 10 (1007): 1133-1135

DUGAN, P. 1993 (ed.) Wetlands in danger. Michael Beazley & IUCN-The Worlds Conservacion Union. London, 187 pp.

ECHANIZ, S. & A. VIGNATTI. 2009. Determinación del estado trófico y de la capacidad de carga del Embalse Casa de Piedra. BioScriba, 2 (1): 41-51.

ECHANIZ, S.; A. M. VIGNATTI; O. DEL PONTI; S. ALVAREZ; G. BAZÁN; E. QUIRÁN; M. ROCHA & I. DOMA. 2008. Biodiversidad, estado trófico y capacidad de carga del Embalse Casa de Piedra. IV Congreso Argentina de Limnología: 122. Bariloche.

FERRER, N. C.; N. L. CONY; C. F. FORNERÓN & M. C. PICCOLO. 2012. Caracterización del fitoplancton y estado trófico de la Laguna Sauce Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina) en el otoño de 2010. VI Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos. Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet". Biología Acuática Nº 27: 129-141 pp.

FRAILE, H.; E. ORIVE & J. POZO. 1995. Evaluación del estado trófico y comparación de modelos relativos al fósforo en los embalses de Cernadilla y Valparaíso (río Tera, Zamora). Limnética 11(2):29-37.

GALEA, M. J. 2017. Biodiversidad algal de un río patagónico (Patagonia, Argentina). Editorial Académica española. ISBN 978-3-639-53829-8. 171pp.

GUILLÉN, A. 2010. Phacuspyrum. Mundo microscópico. [citado el 06 de junio de 2019] Disponible en: http://www. biodiversidadvirtual.org/micro/Phacus-pyrum-img270.html.

HAPPEY-WOOD, C. 1998. Ecology of freshwater planktonic green-algae. In: Sandgreen, C. D. (Ed) Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 175-226 pp.

HUBER, M. P. 2010. Distribución temporal del fitoplancton de una laguna del sur de la provincia de Córdoba y su relación con las variables ambientales. Tesis de grado. Universidad Nacional de Rio Cuarto. 82 pp.

HUSTEDT, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomaceae). In A PascherDieSússwasser-flora Mitteleuropas Heft. 10. Jena: Gustav Fischer Verlag. 466 pp.

IZAGUIRRE, I. & A. VINOCUR. 1994. Typology pf shallow lakes of the Salado River basin (Argentina) base don phytoplankton bloom. Nature 352: 612-614.

KISS, K.; R. KLEE; L. ECTOR & E. ÁCS. 2012. Centric diatoms of large reivers and tributaries in Hungary: morphology and biogeographic distribution. Acta Bot. Croat. 71 (2), 311-363.

KOMÁREK, J. & B. FOTT. 1983. Sistematik und Biologie. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnug: Chlorococales. Die Binnengewässer. Das Phytoplankton des Süsswasser. Von Huber-Pestalozzi. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuggart. Germany. 1043 pp.

KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 1999. Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. Süsswasserflora von Mitteleuropa. Berg. Von Pascher Hrsg. Von H. Ettl. Jena. G. Fischer Bd. 19. 548 pp. 643 figures.

KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. Süsswasserflora von Mitteleuropa. Berg. Von Pascher Hrsg. Von H. Ettl. Jena. G. Fischer Bd. 19/2. 759 pp. 1010 figures.

KÜHNEMANN, O. 1966. Floraciones acuáticas y nivales ocasionadas por algas. CIBIMA, 17: 3 – 48.

LARGEAU C.; E. CASADEVALL; C. BERCALOFF & P. DHAMELINCOURT. 1980. Sites of accumulation and composition of hydrocarbons in Botryococcus braunii. Phytochemistry. 19:1043-51.

LICURSI, M. & N. GÓMEZ. 2003. Aplicación de índices bióticos en la evaluación de la calidad del agua en sistemas lóticos de la llanura Pampeana Argentina a partir del empleo de diatomeas. Biología Acuática 21: 31-49.

LOEZ, C. R. 1995. Determinación de clorofila *a*. En: LOPRETTO, E. C. & G. TELL (eds.), Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio, pp. 263-269. Ed. Sur 1.

LÓPEZ MARTÍNEZ, M. L. & S. M. MADROÑERO PALACIOS. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de La Cocha. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 25 (2), pp. 21-42, DOI: http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1430.

LOPRETTO, E. & G. TELL. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur. Bs. As. Argentina. 1401pp.

MICHELS, A. 1998. Effects of sewage water on diatoms (Bacillariophyceae) and water quality in two tropical streams in Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 46: 143–152.

MIRANDE, V. & C. TRACANNA. 2005. Fitoplancton de un rio del noreste argentino contaminado por efluentes azucareros y cloacales. Bol. Soc. Argent. Bot. 40 (3-4): 169-182.

MORENO, D. P.; J. QUINTERO & A. LÓPEZ. 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. ContactoS, 78: 25-33.

MUYLAERT, K.; K. V. D. GUCHT; N. VLOEMANS; L. D. MEESTER; M. GILLIS & W. VYVERMAN. 2002. Relationship between bacterial community

composition and bottom-up versus top- down variables in four eutrophic shallow lakes. Applied Environmental Microbiology, 68: 4740-4750.

NYGAARD, G. 1949. Hydrobiological studies in some Danish ponds and lakes. Part II. The quantient by hipothesis and some new or Little know phytoplankton organism. Kon. Danish. Vid. Selsk. Biol. Skr, 7 (1).

OCDE. 1982. Eutrophisation des eaux. Métodes de surveillance, d'evaluationet de lutte. Paris, 164 pp

OLIVERA, L. 2015. Estudio de la biodiversidad algal y determinación de calidad de agua y estado trófico en la Laguna Ea. Ansín, Provincia de La Pampa (Argentina). Tesis de grado. Universidad Nacional de La Pampa.73 pp.

ORIANI, M. B. 2014. Relevamiento de comunidades algales y determinación del estado trófico y calidad de agua en la Laguna Luan Lauquen, Provincia de La Pampa (Argentina). Tesis de grado. Universidad Nacional de La Pampa. 49 pp.

ORIANI, M. B.; A. E. BIASOTTI & G. I. BAZÁN. 2017. Relevamiento Ecológico en Laguna Luan Lauquen (La Pampa, Argentina). Riqueza algal, estado trófico y calidad de agua. Editorial Académica Española. ISBN 978-3-659-65241-7. 52 pp.

ORTEGA MURILLO, M. R.; R. ALVARADO VILLANUEVA; R. HERNÁNDEZ MORALES & J. D. SÁNCHEZ HEREDIA. 2010. Evolución trófica de un lago tropical hiposalino en México con base al fitoplancton. Biológicas, 12(2): 75-81

OSPINA, N. & E. J. PEÑA. 2004. Alternativas de monitoreo de calidad de aguas: algas como bioindicadores. Centro de Estudios e Investigaciones en Desarrollo Regional – CEIDER. Grupo de Investigación Ambiental – GIAM Universidad Santiago de Cali.

PADISÁK, J.; G. BORGIS; G. FEHÉR; I. GRIGORSKY; I. OLDAL; A. SCHMIDT & Z. ZÁMBÓNÉ-DOMA. 2003. Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungrian small shaloow lakes. Hidrobiología 502: 157-168.

PANTLE, R. & H. BUCK. 1955. Die biologisch Überwachung der Gewasser und die Darstellung der Ergebnisse. Gas-u. Wasserfach, 96: 1-64.

PATRICK, R. & C. H. REIMER. 1966. The Diatoms of United States. Monogra.I Acd. Sci. Philadel. 13: 1-688.

PATRICK, R. & C. W. REIMER. 1975. The Diatoms of United States exclusive Alaska and Hawaii. Volumen II. Monographs of Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Number.13, 213 pp.

PEÑA SALAMANCA, E. J.; M. L. PALACIOS PEÑARALDA & N. OSPINA ALVAREZ. 2005. Algas como indicadoras de contaminación. Universidad del Valle. Calí, Colombia. 164 pp.

PILATI, A.; S. ECHANIZ; A. VIGNATTI; A. TRUCCO & S. B. ALVAREZ. 2009. Efecto del lavado de la ciudad de Santa Rosa sobre el estado trófico de una laguna arreica. Biología acuática n° 26, año 2009:177-184.

QUIRÓS, R. 2000. La eutrofización de las aguas continentales de Argentina. En A. Fernández (ed.) El Agua en Iberoamérica: Acuíferos, Lagos y Embalses. CYTED. Subprograma XVII. Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos. 147 p.

QUIRÓS, R. 2005. La ecología de las lagunas de las Pampas. Investigación y Ciencia. Madrid, Spain.

QUIRÓS, R. & E. DRAGO.1999. The enviroment state of Argentinean lakes: An overview. Lakes & Reservoirs: Research and Management. 1: 55-61.

QUIRÓS, R.; A. RENELLA; M. BOVERI; J. J. ROSSO & A. SOSNONSKY. 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. Ecología Austral. 12: 175-185.

QUIRÓS, R.; J. J. ROSSO; A. RENELLA; A. SOSNOVSKY & M. BOVERI. 2002b. Sobre el estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). Área de sistemas de producción acuática. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

QUIRÓS, R.; J. J. ROSSO; A. RENNELLA; A. SOSNOVSKY & M. BOVERI. 2002a. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). Interciencia, 27 (11): 584.

QUIRÓS, R.; M. B. BOVERI; C. A. PETRACCHI; A. RENNELLA; J. J. ROSSO; A. SOSNOVSKY & H. VON BERNARD. 2006. Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas. En: J. G. Tundisi, T. Matsumura-Tundisi, C. Sidagis Galli (Eds.) Eutrofização na América do Sul: Causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle. Instituto Internacional de Ecologia, Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental, Academia Brasileira de Ciências, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Inter - Academy Panel on International Issues, InterAmerican Network of Academies of Sciences, Brasil, 531pp.

RINGUELET, R. A. 1962. Ecología acuática continental. Manuales Eudeba, Buenos Aires. 138 pp.

ROLDÁN PÉREZ, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. 529 pp.

ROLDÁN PEREZ G. & J. J. RAMIREZ RESTREPO. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical .2° Edición. Editorial Univ. Antioquía. Medellín Colombia. 442 p.

ROS, J. 1979. Prácticas de ecología. Ed. Omega. Barcelona.

SABATER, S.; F. SABATER & J. ARMENGOL. 1988. Comunidades de diatomeas en localidades altamente contaminadas del Río Ter (Cataluña, NE España). Limnética, 3: 103-109.

SALUSSO, M. M.; L. B. MORAÑA & V. LIBERAL. 1997. Procesos de autodepuración en ríos del Valle de Lerma, Salta (Argentina). Cuadernos de CURIHAM (Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales) 3(4):27-38. ISSN: 1514-2906.

SANCHEZ, O.; M. HERZIG; E.PETERS; R. MARQUEZ & L. ZAMBRANO. 2007. Perspectivas sobre la conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología (U.S. Fish & Wildlife Service), México. 293 pp.

SANTOYO, H. & M. SIGNORET. 1978. Fitoplancton de la laguna del Mar Muerto en el sur del Pacífico Norte. An Centro Ciencias del Mar y Limnol. UNAM 6 (2): 71-80.

SCHWOERBEL, J. 1975. Métodos de Hidrobiología. Ed. Hermann Blume. Madrid. España. 262 pp.

SECRETARÍA DE LA CONVENCIÓN DE RAMSAR. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

SIMONSEN, R. 1979. The Diatom System. Ideas on Phylogeny. Bacillaria, 2: 9-71.

SLADECEK, V. 1973. System of water quality from the biological point of view Arch. Hydrobiol., 7: 1-218.

TABOADA, M. A.; S. N. MARTÍNEZ DE MARCO; M. ALDERETE; M. L. GULTEMIRIAN & B. C. TRACANNA. 2018. Evaluación del fitoplancton y la calidad del agua de un arroyo subtropical del Noroeste Argentino. Bonplandia 27 (2): 135-155.

TELL G. & V. CONFORTI. 1986. Euglenophyta Pigmentadas de la Argentina. Bibliotheca Phycologica. J. Cramer, Berlin-Stuttgart. Band 75, 301 pp.

TORREMORELL, A.; J. BUSTINGORRY; R. ESCARAY & H. ZAGARESE. 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, Laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables. Limnologica, 37: 100-108.

VENTRICHE, M. R. 1972. Fitoplancton de la Laguna Don Tomás, Santa Rosa, La Pampa. Ms. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Buenos Aires (Registro Nº 1443) 60 pp.

VIZZO, J. I. 2018. Estado trófico y variación estacional del fitoplancton de un lago somero de los valles transversales en la Provincia de La Pampa: Laguna El Oasis. Tesis de grado. Universidad Nacional de La Pampa. 39 pp.

WEISNER, S.E. B.; J. A. STRAND & H. SANDSTEN. 1997. Mechanisms regulating abundance of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes. Oecologia, 109: 592-599.

WEITHOFF, G.; A. LORKE & N. WALZ. 2000. Effects of water-column mixing on bacteria, phytoplankton, and rotifers under different levels of herbivory in a shallow eutrophic lake. Oecologia, 125: 91-100.

WETZEL, R. G. 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. Third Edition. Elsevier Academic Press. 1006 pp.

10. Anexo I

TAXA	Otoño			Invierno			Primavera			Verano		
	Nor	Alt	Sur	Nor	Alt	Sur	Nor	Alt	Sur	Nor	Alt	Sur
Actinastrum gracillium									X			
Actinastrum raphioides											X	
Actinastrum sp.											X	
Anabaena circinalis									X			X
Anabaena spiroides							X	X	X			
Ankistrodesmus falcatus	X			X			X	X	X	X	X	X
Ankistrodesmus fusiformis										X		X
Aphanocapsa elachista			X		X		X	X		X		X
Aulacoseria granulata	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aulacoseria granulata var. Angustissima	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X
Botryococcus braunii		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Chlamydomonas sp.	X	X			X	X		X				
Chlorella vulgaris			X									
Chroococcus turgidus												X
Chroococcus sp.							X		X			
Closteriopsis acicularis							X	X	X	X	X	X
Closterium sp.										X		X
Coelastrum microporum						X	X		X			
Cosmarium botritis							X	X	X	X	X	X
Cosmarium subtumidum						X	X	X	X	X		
Cosmarium sp.											X	
Cratícula cuspidata	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X
Crucigenia tetrapedia								X	X			
Cyclotella meneghiniana						X		X				
Cylindrospermun stagnale								X				
Cymbella affinis												X
Diatoma vulgaris	X											
Dictyosphaerium erhenbergianum							X			X	X	X
Dictyosphaerium pulchellum										X		
Dictyosphaerium sp.										X		
Euglena viridis										X		
Euglena sp. 1							X	X	X	X	X	X
Euglena sp. 2							X	X	X			X
Euglena sp. 3												X
Franceia ovalis							X	X	X	X	X	X
Golenkinia radiata									X	X		
Gomphonema dichotomun			X									

TAXA	Otoño			Invierno			Primavera			Verano		
	Nor	Alt	Sur	Nor	Alt	Sur	Nor	Alt	Sur	Nor	Alt	Sur
Gomphonema minutum	X											
Gomphonema olivaceum						X		X				X
Gomphonema parvilum	X	X	X									
Gyrosigma scalproides								X				
Gyrosigma sp.							X	X				
Hantzschia amphioxys	X	X	X	X								
Kirchneriella aperta										X	X	X
Kirchneriella contorta							X	X	X	X	X	X
Kirchneriella irregularis										X		
Kirchneriella lunaris										X		
Kirchneriella obesa			X				X	X	X	X	X	X
Lagerheimia ciliata								X	X			
Lagerheimia subsalsa							X		X	X	X	
Lyngbya hyeronynusii							X	X	X			
Mallomonas sp.	X											
Merismopedia glauca												X
Merismopedia tenuissima									X	X	X	X
Micractinium pusillum	X											
Monoraphidium arcuatum			X				X					X
Monoraphidium indicum								X	X	X		
Monoraphidium irregulare		X								X	X	
Mougeotia sp.									X			
Navicula radiosa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Navicula rhynchocephala			X									
Navicula trupuntata						X						
Nitzschia palea			X						X			
Oedogonium sp.				X				X	X			
Oocystis lacustris							X	X	X	X	X	X
Oocystis parva						X	X	X	X	X		X
Oocystis solitaria					X					X		
Oscillatoria pseudogeminata var. unigranulata					X			X	X			X
Oscillatoria splendida	X											
Oscillatoria subbrevis	X											X
Pediastrum duplex	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pediastrum duplex var. *duplex*												X
Pediastrum tetras					X						X	X
Phacus lefevrei	X		X									
Phacus stokessi		X			X			X				
Phacus sp.												X

TAXA	Otoño			Invierno			Primavera			Verano		
	Nor	Alt	Sur	Nor	Alt	Sur	Nor	Alt	Sur	Nor	Alt	Sur
Phormidium frigidum		X	X									
Phormidium tenue	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Pinnularia viridis												X
Scenedesmus acuminatus							X	X	X			
Scenedesmus arcuatus	X						X		X		X	
Scenedesmus biccaudatus							X	X	X	X		X
Scenedesmus ecornis									X			
Scenedesmus opoliensis	X							X				X
Scenedesmus quadricauda							X	X	X	X	X	X
Scenedesmus spinosus							X	X		X	X	X
Schroederia setigera							X	X	X	X		
Sphaerocystis scroeteri							X	X	X			
Spirogyra sp.								X	X			
Staurastrum leptocladum									X			X
Staurastrum planctonicum										X	X	X
Staurastrum sp.											X	
Stigeoclonium tenue								X				
Synedra ulna	X		X	X	X							X
Synedra sp.												
Tetraedron caudatum							X	X	X	X	X	
Tetraedron hastatum							X	X	X			X
Tetraedron minimun				X			X	X	X	X	X	X
Tetraedron trigonum							X	X	X	X	X	X
Tetraedron sp.							X		X			
Tetrastrum elegans												X
Tetrastrum glabrum									X	X	X	
Tetrastrum peterfii										X		
Tetrastrum staurogeniaeforme										X	X	
Trachelomonas híspida								X	X		X	X
Trachelomonas sp.							X	X	X		X	X
Treubaria triappendiculata										X		