



FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES
Universidad Nacional de La Pampa

“DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DEL FITOPLANCTON DE UNA LAGUNA
ANTROPIZADA: LA AROCENA (LA PAMPA, ARGENTINA)”

RESIA, Romina Elisa

**TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2019

PRÓLOGO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciada en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la Cátedra de Protistas, dependiente del Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam, durante el período comprendido entre el 12 de Marzo de 2018 y el 16 de Agosto de 2019, bajo la dirección de la Dra. Graciela I. Bazán y la codirección de la Dra. María José Galea.

Resia, Romina Elisa

16 de Agosto de 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primero a la Universidad Nacional de La Pampa y principalmente a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por darme la oportunidad, el lugar físico y el financiamiento para realizar este trabajo en el que culminan de plasmarse mis estudios para optar por el título de Licenciada en Ciencias Biológicas.

A lxs profesores que me formaron durante de la carrera y a mis compañerxs y futurxs colegas que la facultad me dejó.

A mi directora Dra. Graciela I. Bazán, por aceptarme no solo como su tesinista, sino también por dejarme trabajar y aprender de ella durante todos estos años, por su confianza, paciencia, alegría y por todo su afecto. A mi codirectora Dra. María José Galea, por todos los años compartidos, su tiempo, su sostén, por todo lo aprendido de ella y principalmente por todo su cariño y buen humor.

A Gimena Clatt por todo su apoyo, su compañerismo y su amistad para seguir siempre adelante, sumando conocimientos y compartiendo experiencias.

A mi familia, especialmente a mi madre y mi padre, por todo el esfuerzo que hicieron para que pueda seguir mi camino, estudiar lo que elegí, por darme siempre todo lo que necesite, por estar siempre a mi lado, apoyarme, ayudarme y por todo su amor. También a mis hermanos Juan, Eduardo y Lucas por estar siempre a mi lado, por ayudar siempre a que no baje los brazos. ¡Los amo con todo mi corazón!

A Juan Godoy por acompañarme y compartir conmigo la hermosa aventura de ser padres.

1. RESUMEN

Esta tesina forma parte de un proyecto general que abarca el estudio de las dinámicas algales en sistemas leníticos de la provincia de La Pampa. El objetivo es conocer y categorizar las comunidades algales de la laguna La Arocena (Dpto. Maracó), con especial énfasis en las Clases Cyanophyceae, Chlorophyceae y Bacillariophyceae. Se llevaron a cabo estacionalmente muestreos biológicos, fisicoquímicos y ambientales entre agosto 2012 y junio 2013. Las muestras de fitoplancton se obtuvieron por arrastre manual y se fijaron con formol al 4%. Se registraron *in situ*: temperatura del aire y del agua, OD, conductividad, pH, profundidad y transparencia del agua. Del total de las especies registradas (131), la clase Chlorophyceae fue la que presentó mayor riqueza específica con 77 taxa, seguida de la clase Cyanophyceae (30), Bacillariophyceae (15), Euglenophyceae (6), Xanthophyceae (2) y Dinophyceae (1). Se confeccionaron tablas de presencia-absencia y porcentajes de frecuencia, cuyos resultados mostraron que hubo una alta frecuencia de pocas especies durante el ciclo anual, sin registrarse floraciones algales. El grado de similitud de la ficoflora a lo largo del período de muestreo varió entre $29.78 \geq 57.77\%$. Los resultados de los índices de Nygaard aplicados clasifican a la laguna como eutrófica, típica de la región pampeana. El estado de saprobiedad ($S=2.39$) establecido a partir de la bioecología de los organismos ubicó a la laguna en el rango β -mesosaprobio con contaminación moderada.

ABSTRACT

This thesis is part of a general project that covers the study of algal dynamics in lentic systems in the province of La Pampa. The objective is to know and categorize the algal communities of the La Arocena lake (Dept. Maracó), with special emphasis on the Cyanophyceae, Chlorophyceae and Bacillariophyceae Classes. Biological, physicochemical and environmental samples were carried out seasonally between August 2012 and June 2013. Phytoplankton samples were obtained by manual drag and fixed with 4% formalin. They were recorded *in situ*: air and water temperature, OD, conductivity, pH, water depth and transparency. Of the total recorded species (131), the Chlorophyceae class was the one with the highest specific richness with 77 taxa, followed by the Cyanophyceae (30), Bacillariophyceae (15), Euglenophyceae (6), Xanthophyceae (2) and Dinophyceae (1). The results of the presence-absence table and frequency percentages made, showed that there was a high frequency of few species during the annual cycle, without registering algal blooms. The degree of similarity of the ficoflora throughout the sampling period varied between $29.78 \geq 57.77\%$. The results of the Nygaard index classify the lake as eutrophic, typical of the Pampas region. The saprobity index ($S = 2.39$) established from the bioecology of the organisms situated the lagoon in the range of β -mesosaprobium with moderate contamination.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	III
1. RESUMEN	IV
2. INTRODUCCIÓN	1
3. HIPÓTESIS	4
4. OBJETIVOS	5
5. AREA DE ESTUDIO	6
• Geomorfología	7
• Clima	7
• Vegetación	7
6. MATERIALES Y MÉTODOS	8
• Recolección de muestras	8
• Parámetros fisicoquímicos	9
• Identificación taxonómica	10
• Índice de similitud	11
• Índices de Nygaard	11
• Índice de saprobiedad	12
7. RESULTADOS	13
• Resultados fisicoquímicos	13
• Temperatura	13
• Profundidad	14
• Transparencia	14
• pH	14
• Conductividad	15
• Oxígeno disuelto	16
• Análisis florísticos	16
• Distribución estacional	24
• Análisis de similitud	34
• Índices de Nygaard	36
• Índice de saprobiedad de Pantle & Bukc	36
8. DISCUSIÓN	40
9. CONCLUSIONES	44

10. BIBLIOGRAFÍA

46

2. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial y el consumo de los recursos generados por la biosfera provocan que la calidad del ambiente, en la mayoría de las regiones de la Tierra, se deteriore a una velocidad preocupante (Ricklefs, 1998). La sobreexplotación de los recursos naturales, la transformación de hábitats -eutrofización, entre otros acontecimientos- ha llevado a la sociedad a reconocer su dependencia de los ecosistemas naturales y como tal, la necesidad de la valoración y conservación de los mismos.

Los múltiples beneficios que proveen los ecosistemas y la diversidad biológica no constituyen bienes o servicios en el sentido económico clásico, por lo tanto, no aparecen en las estadísticas de la economía nacional (Primack *et al.*, 2001). Sin embargo, muchos servicios ecológicos -por ejemplo, recreativos y turísticos (avistaje de aves, pesca deportiva, etc.)- intervienen en ella. La creciente industria del ecoturismo y el esparcimiento ha otorgado un gran valor indirecto a la biodiversidad. El número de personas involucradas en la recreación en ambientes naturales y la cantidad de dinero invertido son sorprendentemente elevadas (Primack *et al.*, 2001).

El agua constituye una parte esencial de todo ecosistema, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Una reducción del agua disponible, sea en la cantidad, en la calidad, o en ambas, provoca efectos negativos graves sobre los ecosistemas. Cuando se sobrepasa la capacidad natural de absorción y de autodepuración del medioambiente, la biodiversidad se ve afectada, los medios de subsistencia disminuyen y las fuentes naturales de alimentos (por ejemplo, los peces) se deterioran. En efecto, se generan costos de limpieza extremadamente elevados (UNESCO, 2003).

Un ecosistema es una unidad ecológica en la cual un grupo de organismos interactúa entre sí y con el ambiente (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008). En los ecosistemas acuáticos, la contaminación por fuentes orgánicas e inorgánicas, provoca una serie de modificaciones en las variables fisicoquímicas del agua, cuyos efectos se advierten en la composición y distribución de las comunidades bióticas. El efecto de descargas ajenas al ambiente actúa en los organismos acuáticos en forma mediata o inmediata, con respuestas individuales, poblacionales, comunitarias y ecosistémicas, tanto de origen bioquímico como fisiológico, y en respuesta según a la magnitud de los cambios registrados. Ello depende, en última instancia, del tiempo que dure la perturbación respecto de las condiciones iniciales del sistema acuático, su intensidad y naturaleza (Ospina & Peña, 2004).

En un paisaje llano como la región pampeana, el agua tiende a acumularse con facilidad, razón por la cual proliferan lagunas permanentes o semipermanentes, en general de escasa profundidad (Canevari *et al.*, 1998).

La concentración de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en un lago o laguna es considerablemente mayor en aquellos ambientes situados en regiones influidas por actividades antrópicas, con descargas industriales, agropecuarias y domésticas. La eutrofia y la eutrofización de los lagos ha inspirado numerosas investigaciones y publicaciones (Margalef, 1983). Se entiende por eutrofización al enriquecimiento de las aguas con nutrientes a un ritmo que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas. El estado trófico de un lago depende, además, de la carga de nutrientes, de su morfometría y del tiempo de permanencia del agua en el mismo (Sosnovsky & Quirós, 2006). Este proceso puede ser natural o cultural y entendemos a la eutrofización cultural como la aceleración antropogénica de la eutrofización (Laws, 1993).

En la eutrofización, las algas juegan un rol fundamental como productores primarios al actuar sobre el medio en que viven modificando las propiedades fisicoquímicas del agua, color y transparencia, y favorecen la respiración de los organismos acuáticos por el desprendimiento de oxígeno en el proceso de fotosíntesis (Vignatti *et al.*, 2009). Al mismo tiempo, desempeñan un papel substancial en las redes tróficas acuáticas y en la autodepuración de los cuerpos de agua, además de constituirse en importantes indicadores biológicos de las condiciones ambientales.

En el estudio de las comunidades algales existe un aspecto ecológico concerniente a los factores naturales que caracterizan e integran la unidad del lugar (Bazán, 2010). Las comunidades de algas, en particular las poblaciones de Cyanophyceae, Chlorophyceae y Bacillariophyceae, ocupan un amplio rango de hábitat, de modo que la composición y distribución de la flora algal se relaciona con la química del agua, la estacionalidad y la geomorfología.

Por medio de la caracterización de las comunidades fitoplanctónicas es posible evaluar aspectos ambientales, ya que el conocimiento adecuado de su estructura y composición permite detectar prematuramente la ocurrencia de procesos polutivos y/o contaminantes. Para ello, resulta fundamental un monitoreo continuo del fitoplancton y la identificación los organismos que lo componen (Margalef, 1983).

La provincia de La Pampa cuenta con acuíferos significativos, ubicados en la región centro-este. La laguna La Arocena, situada sobre la isohieta de 600 mm, presenta un

acuífero cercano a la superficie con caudales interesantes (Medus *et al.*, 1982), y se extiende desde la ciudad de General Pico, en dirección sur, hasta la localidad de Dorila (Dpto. Maracó). El grupo de lagunas en el que se incluye a La Arocena, se caracteriza por ser poco profundas y de reducida extensión. Están en retroceso desde, al menos, un siglo atrás por lo que, rodeadas por cultivos, se encuentran en procesos de extinción.

En el margen sur de la región existen antiguos manantiales con reactivaciones esporádicas de escasa magnitud y en otros se han transformado en bajos salitrosos (Medus *et al.*, 1982).

3. HIPÓTESIS

- ❖ La composición de la ficoflora registrada durante 2012-2013 cambió respecto a la registrada en estudios previos.
- ❖ Los factores fisicoquímicos influyen sobre la composición y distribución de las comunidades algales.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Conocer y categorizar las comunidades algales, con énfasis en Cyanophyceae, Chlorophyceae y Bacillariophyceae de la laguna La Arocena en los años 2012-2013.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la riqueza específica y la distribución espacio - temporal de los taxa estudiados durante un ciclo anual (2012-2013).
- Determinar el estado trófico y calidad de agua de la laguna La Arocena en el período 2012-2013.
- Determinar la saprobiedad de la laguna La Arocena mediante el índice de Pantle & Buck.

5. ÁREA DE ESTUDIO

En el noreste de la provincia de La Pampa existe un complejo lagunar, con lagunas de carácter permanente y temporal. En el presente estudio se seleccionó una de las lagunas permanentes, denominada La Arocena, que ha sido y es usada para diferentes fines, entre ellos, la acuicultura, recreación y como reservorio de aguas pluviales proveniente de la ciudad de General Pico distante a 5 km, en el departamento de Maracó.

La Arocena abarcó, originalmente, una superficie de 150 ha y en la actualidad su superficie se estima en 70 ha. La laguna se sitúa en la región fisiográfica oriental, subregión de planicies medanosas (Cano *et al.*, 1980), emplazada entre las coordenadas geográficas $63^{\circ} 42''\text{O}$; $35^{\circ} 41''\text{S}$ y a 150 msnm (Figuras 1 y 2).

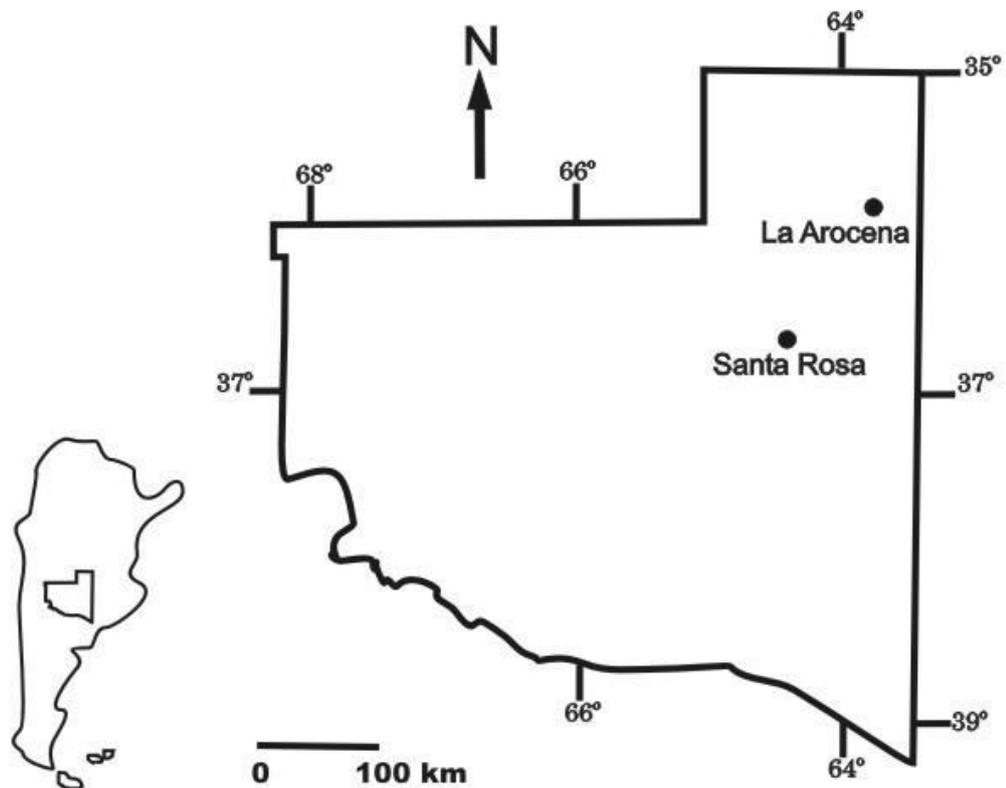


Figura 1: Provincia de La Pampa. Ubicación geográfica laguna La Arocena. (Extraído de Bazán, 2010).

GEOMORFOLOGÍA

Los procesos morfogénicos que actuaron en esta subregión de planicies medanosas fueron fundamentalmente hídricos, de escurrimiento difuso y eólicos, de acumulación-deflación. Los primeros elaboraron una superficie calcárea con pendiente regional al este, donde el viento acumuló un manto arenoso de extensión variable, originando dunas con sentido N-S y médanos aislados. Intercaladas entre estas ondulaciones, existen planicies arenosas de aproximadamente 3 a 4 km de anchura. Allí encontramos áreas deprimidas y, frecuentemente, lagunas temporarias. Los llanos ondulados que forman el paisaje son antiguos médanos, hoy bastante rebajados, donde es posible observar algunos médanos vivos (Cano *et al.*, 1980).

CLIMA

El sector norte de la subregión se caracteriza por poseer un invierno benigno. La evapotranspiración potencial es ligeramente mayor en el sector norte por ser sus temperaturas algo más elevadas. La deficiencia anual de agua en la época estival tiene allí valores más altos (Cano *et al.*, 1980).

La precipitación anual registrada durante los años muestreados fue de 1475 milímetros para el período 2012 y de 636.1 milímetros para el período 2013, con un promedio de 1055.5 mm.

VEGETACIÓN

La vegetación natural está constituida por un 5 % de comunidades halófilas y sammófilas, con un desarrollo frecuente alrededor de las lagunas en la subregión. En general hay pastizales bajos con dominancia de *Distichlis scoparia*, *D. spicata* alternando con matorrales de *Atriplex undulata* y *Salicornia ambigua*. En los bañados y/o áreas deprimidas existen praderas en las que se intercalan gramíneas como *Stipa papposa*, *Pappophorum caespitosum*, con *Lepidium bonariense*, *Melilotus indicus*, *Juncus* sp., etc. (Cano *et al.*, 1980).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

- **Recolección de muestras**

Los puntos de muestreos se ubicaron en el área perimetral de la laguna y se denominaron Norte; Sur; Este; Oeste y Canal (Figura 2).

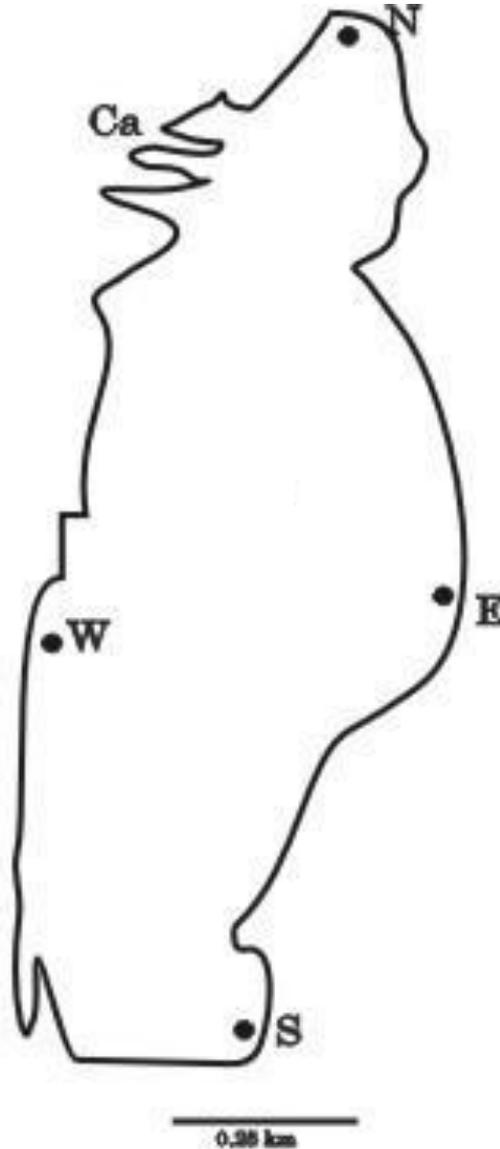


Figura 2: Laguna La Arocena. Sitios de muestreo: N: Norte; E: Este; S: Sur; W: Oeste; Ca: Canal. (Croquis modificado de Vignatti *et al*, 2009).

Se realizaron muestreos estacionales desde agosto 2012 hasta junio de 2013 (Tabla 1), con recolección de muestras biológicas y muestras de agua para la determinación de parámetros fisicoquímicos.

Las muestras de fitoplancton se obtuvieron por arrastre manual de una red de 25 µm de abertura de malla. Las mismas fueron fijadas con formol 4% y depositadas en el Herbario de la cátedra Biología de Protistas I.

Tabla 1. Fechas de muestreo en la laguna La Arocena, para cada estación del año

ESTACIÓN	FECHA
Invierno	29-08-2012
Primavera	15-12-2012
Verano	09-03-2013
Otoño	08-06-2013

- **Parámetros fisicoquímicos**

Las variables registradas *in situ* fueron: pH, temperatura del agua y del aire, conductividad, OD y transparencia (figura 3).

pH: El pH indica la acidez o alcalinidad de una solución debido a que mide la concentración de iones hidrógeno presente en el agua. Se utilizó un pHmetro/ISE portátil digital, Orion modelo 250, calibrado potenciométricamente con un electrodo indicador usando un electrodo estándar y un electrodo de referencia.

Transparencia: El valor de la transparencia se utiliza como una estimación de la profundidad de extinción de luz en el agua (French *et al.*, 1982), la cual se dispersa y se absorbe en función de la concentración de partículas, (algas u otros sólidos suspendidos). Para medir la transparencia se utilizó un disco de Secchi de 22 cm de diámetro. Los resultados corresponden al promedio de tres mediciones sucesivas registradas en el sitio de muestreo.

Conductividad eléctrica: Indica la concentración total aproximada de iones de una muestra de agua en términos de su capacidad para transmitir corriente. La conductividad se determinó mediante conductímetro portátil digital Orion modelo 105.

Oxígeno disuelto: la concentración de oxígeno en el agua está determinada por la relación de equilibrio entre la presión parcial del oxígeno atmosférico, la temperatura y la salinidad del agua. Juega un papel importante en la solubilización o insolubilización de

iones que cambian con facilidad de valencia, así como la actividad metabólica de los microorganismos. Para la medición se utilizó un oxímetro digital Lutron DO-5510

Temperatura: Las mediciones de temperatura son utilizadas en cálculos de alcalinidad, en estudios de saturación, en el cálculo de salinidad y en general en operaciones de laboratorio. Es uno de los factores que tiene mayor efecto sobre el resto de las variables físico-químicas. La temperatura se midió con un termómetro de mercurio.



Figura 3. Mediciones *in situ* de temperatura del agua en la Laguna La Arocena.

- **Identificación taxonómica**

Las muestras biológicas se observaron con microscopio óptico Kyowa Medilux 12, con cámara clara de Abbe. Para la identificación taxonómica se consultaron las obras de Hustedt (1930), Desikachary (1959); Patrick & Reimer (1966; 1975); Simonsen (1979); Prescott (1951); Tell & Conforti (1986); Komárek & Anagnostidis (1999; 2005).

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

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

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

Donde,

Fr: frecuencia relativa

Si: presencia de la especie “i” en las muestras.

N: número total de muestras.

- Índice de similitud

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

$$S_{jk} = (b+c) / (2a+b+c)$$

Donde:

S_{jk}: similitud entre estaciones j y k.

a: n° de especies comunes entre j y k.

b: n° de especies que están en juego pero no en k.

c: n° 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 muestreadas emplea el índice de asociación y expresa el grado de semejanza o similitud en las comunidades algales en las diferentes estaciones del año. Los datos se expresan en dendrogramas resultantes del análisis de *cluster* y se empleó el programa Biodiversity Profesional© (McAleece, *et al.*, 1997).

- Índices de Nygaard

Para determinar el grado de eutrofización de la laguna La Arocena se utilizaron los índices de Nygaard (1949). Estos índices se basan en la riqueza de grupos algales como Cyanophyceae, Euglenophyceae, diatomeas céntricas y pennadas, Chlorococcales y Desmidiiales (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008).

Los índices de Nygaard más utilizados son: de clorofitas, de diatomeas y compuesto (Mirande & Tracanna, 2005; Peña Salamanca *et al.*, 2005; Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008), los cuales se detallan a continuación:

Índice para Clorofitas= Chlorococcales/Desmidiiales

Donde:

<1=oligotrófico

>1=eutrófico

Índice de diatomeas Ce/Pen= Centrales/Pennales

Donde:

0-1 = oligotrófico

1-2 = mesotrófico

>2 = eutrófico

Índice Compuesto = (Cianofitas + Chlorococcales + Centrales + Euglenales) / Desmidiáles

<1 = oligotrófico

1-2.5 = mesotrófico

3-5 = moderadamente eutrófico

20-43 = hipereutrófico

- Índice de Saprobiidad de Pantle & Buck

Para determinar la salud biológica de la laguna La Arocena se aplicó el método de los saprobios de Pantle & Buck (Schwoerbel, 1975). El grado saprobico se obtuvo de tablas existentes para la provincia de La Pampa (Bazán, 2010).

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

$$S = \frac{\sum (s \times h)}{\sum h}$$

Donde:

s = valor saprobico

h = frecuencia

1: FR% < 20 casuales

3: FR% 20 – 60 frecuentes

5: FR% > 60 abundantes

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

S= 1.0- 1.5: contaminación muy débil (α)

S= 1.5- 2.5: contaminación moderada (β)

S= 2.5- 3.5: contaminación fuerte (α)

S= 3.5- 4.0: contaminación muy fuerte (ρ)

7. RESULTADOS

7.1 RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Los resultados de los parámetros físico-químicos medidos *in situ* en la Laguna La Arocena y los datos obtenidos en el laboratorio para el período de estudio comprendido entre agosto 2012 y junio 2013, se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis físico-químicos de la laguna La Arocena durante el período de muestreo.

Fecha de Muestreo		SITIO 1 Norte	SITIO 2 Este	SITIO 3 Sur	SITIO 4 Oeste	SITIO 5 Canal
	Coordenadas	35°40.639 S 063°40.915 O	35°40.976 S 063°41.851 O	35°41.242 S 063°41.985 O	35°40.961 S 63°42.192 O	
INVIERNO 29/8-2012	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	400	346	261	344	285
	O.D.	11,55	11,67	11,43	10,95	10,96
	pH	7,58	8,66	7,54	7,86	7,58
	Profundidad cm	30	50	25	15	113
	Temp. Del agua (°C)	13,5	13	14	16	16
	Temp. Del aire (°C)	19,5	19,5	21	21	21
	Transparencia (cm)	30	25	25	15	113
PRIMAVERA 15/12-2012	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	251	278	284	299	273
	OD	8,99	9,44	9,28	8,87	9,28
	pH	7,25	9,1	7,4	8,22	9,25
	Profundidad cm	27	36	18	143	300
	Temp. Del agua (°C)	27	24	25	28	25
	Temp. Del aire (°C)	32	31	30	31	31
	Transparencia (cm)	3	3	18	5	5
VERANO 09/03-2013	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	340	334	194	397	304
	OD	9,15	9,59	9,28	9,59	9,59
	pH	6,17	7,8	7,1	6,96	6,96
	Profundidad cm	12	30	30	30	100
	Temp. Del agua (°C)	26	23	25	23	23
	Temp. Del aire (°C)	28	28	29	28	28
	Transparencia (cm)	3	15	3	3	5
OTOÑO 8/6-2013	Temp. Del aire (°C)	17°C	17°C	15°C	15°C	15°C
	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	443	267	259	397	355
	OD	11,94	11,94	11,94	12,5	12,5
	pH	6,32	7,3	7,34	6,74	6,7
	Profundidad cm	sin datos	300	100	30	100
	Temp. Del agua (°C)	12	12	12	10	10
	Transparencia (cm)	3	250	50	15	5

- **Temperatura**

Los valores de temperatura del agua fluctuaron entre 10 °C para el otoño y 28 °C para la primavera. Estos valores acompañaron las oscilaciones de la temperatura del aire para la que se registró un mínimo de 15 °C y 32 °C en otoño y primavera, respectivamente (Figura 4).

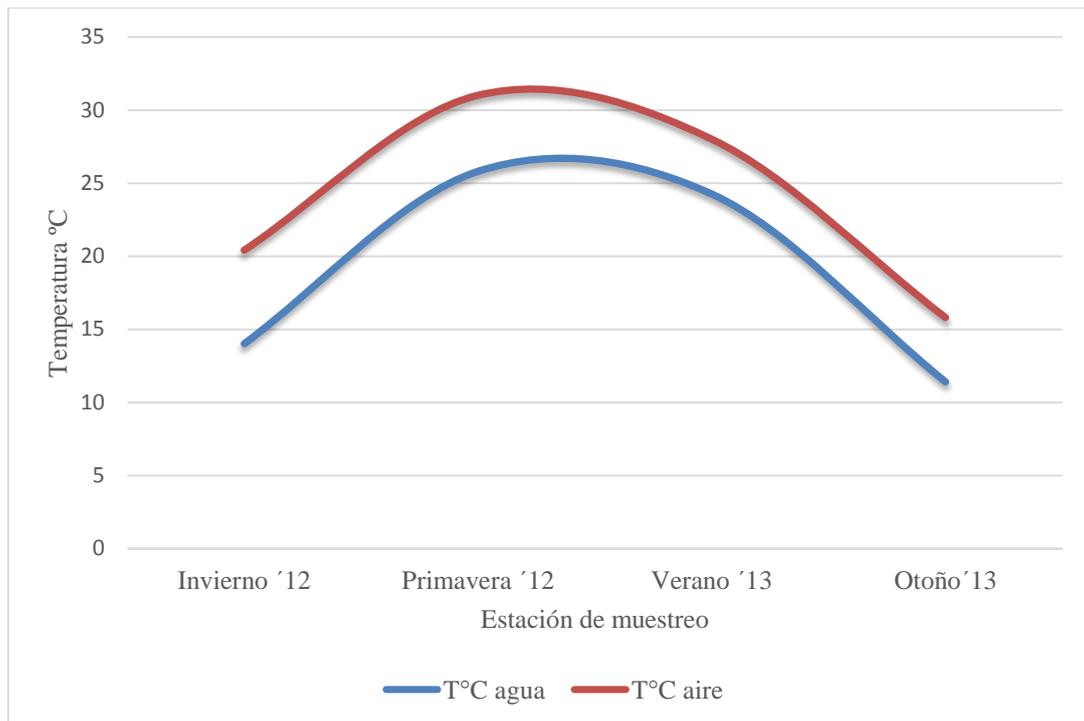


Figura 4. Oscilaciones de los valores entre las temperaturas del aire y del agua en la laguna La Arocena durante el período de muestreo

- **Profundidad**

Los valores de profundidad variaron en todas las estaciones del año en los diferentes puntos de muestreo.

- **Transparencia**

La transparencia, manifestó una estrecha semejanza con la profundidad, mostrando valores similares durante el periodo de muestreo.

- **pH**

Los valores de pH registrados oscilaron entre 6.17 (Norte) verano y en primavera 9.25 (Canal), (Figura 5).

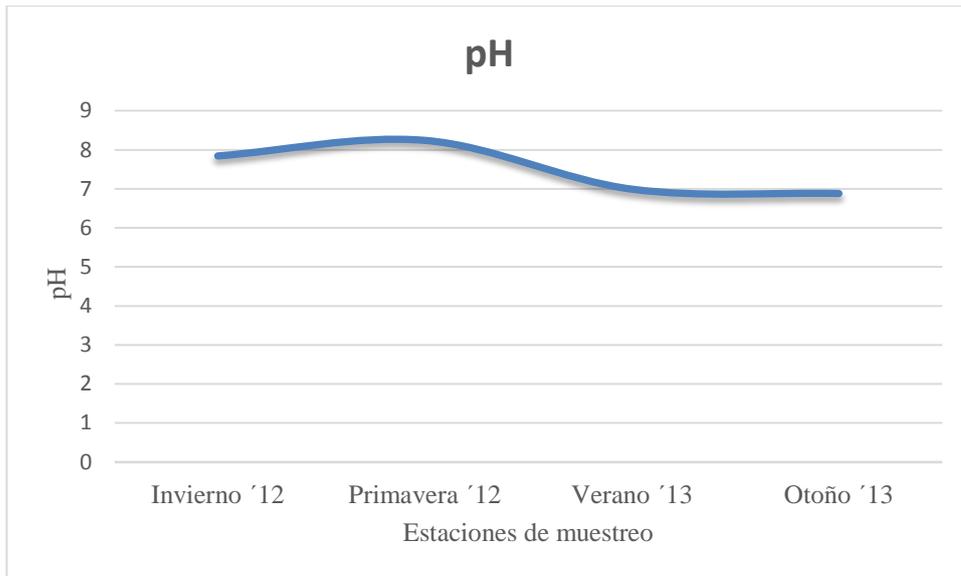


Figura 5. Variación del pH en las diferentes estaciones del año (2012-2013).

- **Conductividad**

Se registró el mayor valor (443 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en el sitio Norte de la muestra de otoño y el menor valor fue en verano en el sitio Sur (194 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figura 6).

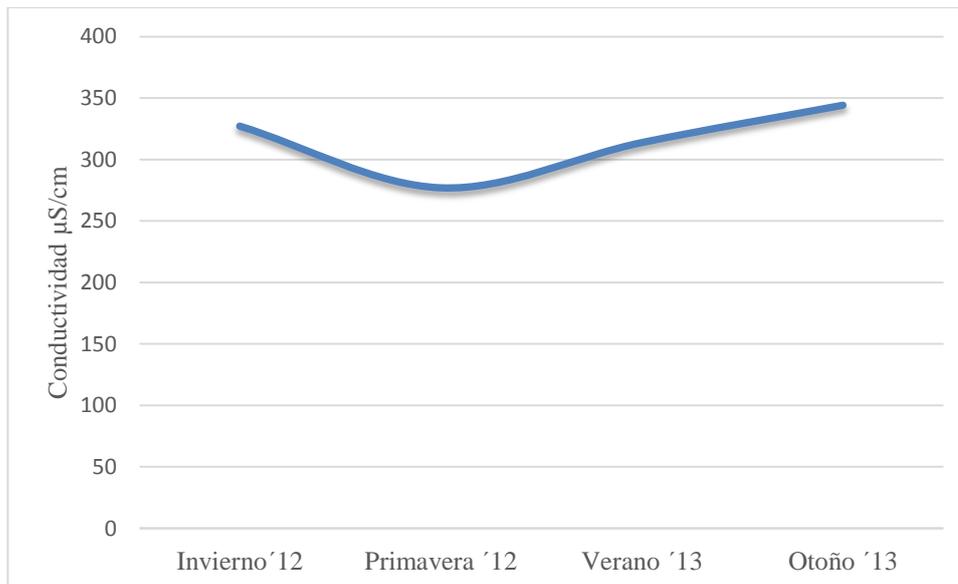


Figura 6. Oscilaciones de los valores de conductividad en la laguna La Arocena en las distintas estaciones del año (campana 2012-2013).

- **Oxígeno disuelto**

En términos generales, los valores de oxígeno disuelto fueron más altos durante las estaciones de baja temperatura y disminuyeron a medida que aumentó la temperatura del agua (Figura 7).

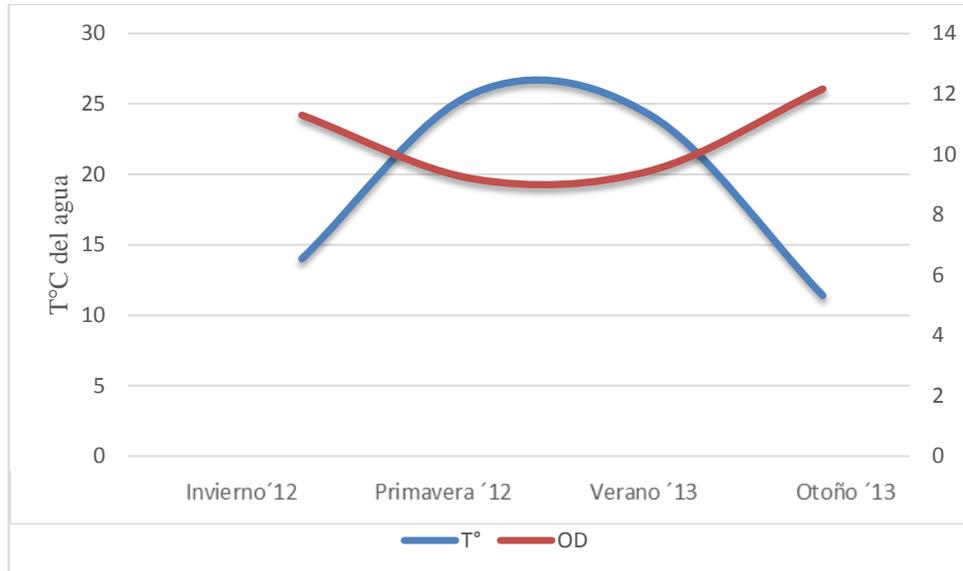


Figura 7. Variaciones de la T °C del agua y el OD en las distintas estaciones del año (campana 2012-2013)

7.2. ANÁLISIS FLORÍSTICO

Se determinaron un total de 131 taxa de las Clases Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Xanthophyceae, Euglenophyceae y Dinophyceae (Figura 8).

- **Lista taxonómica de algas identificadas en la laguna La Arocena (La Pampa), Campaña (2012-2013).**

Clase CYANOPHYCEAE

Orden Chroococcales

Fam. Chroococcaceae

Microcystis aeruginosa Kützing

Microcystis flos-aquae (Wittrock) Kirchner

Microcystis stagnalis Lemmermann

Microcystis pulvereae (Wood) Forti

Aphanothece stagnina (Sprengel) A. Braun in Rabenhorts

Chroococcus giganteus W. West

Chroococcus minor (Kützing) Nägeli

Coelosphaerium minutissimum Lemmermann

Coelosphaerium confertum W. West & G.S. West

Coelosphaerium sp.

Merismopedia tenuissima Lemmermann

Merismopedia elegans A. Braun in Kützing

Dactylococcopsis irregularis Grunow

Orden Chamaesiphonales

Fam. Chamaesiphonaceae

Chamaesiphon minutus (Rostafinski) Lemmermann

Orden Hormogonales

Fam. Nostocaceae

Anabaenopsis arnoldii Aptekarj

Aphanizomenon flos-aquae (Linnaeus) Ralfs

*Aphanizomenon gracile** Lemmermann

Nostoc comunne Vaucher

Anabaena variabilis Kützing

Anabaena flos-aquae (Linnaeus) Bory

Anabaena sphaerica *Bornet & Flahault

Fam. Oscillatoriaceae

Spirulina laxissima G.S. West

Spirulina subtilissima Kützing ex Gomont

Pseudoanabaena catenata Lauterborn

Oscillatoria subbrevis Schmidl

*Oscillatoria pseudogeminata** G. Schmid

Planktothrix agardhii (Gomont) Anagnostidis & Komárek

Phormidium tenue (Meneghini) Gomont

*Phormidium frigidum** Fritsch

Microcoleus sp.

Clase CHLOROPHYCEAE

Orden Tetrasselmidales

Fam. Tetrasselmidaceae

Tetrasselmis sp.

Orden Chlorococcales

Fam. Chlorococcaceae

Tetraedron triangulare Korshikov

Tetraedron caudatum (Corda) Hansgirg

Tetraedron minimum (A. Braun) Hansgirg

*Tetraedrom pentaedricum** W. & G.S. West.

Schroederia planctonica (Skuja) Philipose

Schroederia setigera (Schröder) Lemmermann

Fam. Palmellaceae

Sphaerocystis scroeteri Chodat

Fam. Oocystaceae

Chlorella ellipsoidea Gerneck

Chlorella vulgaris Beijerinck

Oocystis lacustris Chodat

Oocystis parva West & G.S. West

Oocystis solitaria Wittrock

*Lagerheimia citriformis** (Snow) Collins.

*Lagerheimia subsalsa** Lemmermann

Lagerheimia ciliata Lagerh

Franceia ovalis (France) Lemmermann

Kirchneriella contorta var. *contorta* Bohlin

Kirchneriella irregularis (G.M. Smith) Korshikov

Kirchneriella obesa (W. West) Schmidle

Kirchneriella aperta Teiling

Ankistrodesmus fusiformis Corda

Ankistrodesmus gracilis (Reinsch) Korshikov

Closteriopsis acicularis var. *acicularis* (G.M.Smith) Belcher & Swale

Monoraphidium griffithii (Berkeley) Komárková-Legnerová

Monoraphidium indicum Hindak

Monoraphidium arcuatum (Korshikov) Hindak

Monoraphidium irregulare (G.M. Smith) Komárková Legenerova

Monoraphidium obtusum (Korshikov) Komárková-Legenerova

Fam. Micractiniaceae

Golenkinia radiata Chodat

Golenkiniopsis parvula (Woronichin) Korshikov

Fam. Dictyosphaeriaceae

Botryococcus braunii Kützing

Dictyosphaerium pulchellum Wood

Dictyosphaerium elegans Komárek

Fam. Scenedesmaceae

Coelastrum microporum Nägeli

Coelastrum astroideum De Notaris

Tetrastrum elegans Playfair

Tetrastrum peterfii Hortobagyi

Tetrastrum staurogeniaeforme (Schröder) Lemmermann

Scenedesmus ecornis (Ehrenber) Chodat sensu Uherkovich

Scenedesmus obtusus f. *alterna* (Reinsch) Compère

Scenedesmus arcuatum (Korshikov) Hindak

Scenedesmus bernardii G.M.Smith

Scenedesmus acutus Meyen

Scenedesmus dimorphus (Turpin) Kützing

Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat

Scenedesmus falcatus Chodat

Scenedesmus bicaudatus (Hansgirg) R. Chodat

Scenedesmus armatus Chodat

Scenedesmus opoliensis P.G. Richter

Scenedesmus spinosus Chodat

Scenedesmus quadricauda (Turpin) Brebison sensu Chodat

Scenedesmus quadrispina (Chodat) G.M. Smith

Scenedesmus longispina Chodat

Actinastrum raphidioides (Reinsch) Brünthaler

Fam. Hydrodictyaceae

Pediastrum clathratum (Schröder) Lemmermann

Pediastrum simplex Meyen

Pediastrum boryanum (Turpin) Meneghini

Pediastrum duplex Meyen

Pediastrum tetras (Ehrenber) Ralfs

*Pediastrum biradiatum** Meyen

Orden Ulothricales

Fam. Ulothricaceae

Ulothrix variabilis Kützing

Orden Oedogoniales

Fam. Oedogoniaceae

Oedogonium sp.

Orden Zygnematales

Fam. Zygnemataceae

Mougeotia sp.

Fam. Desmidiaceae

Cosmarium botritis Meneghini

Cosmarium granatum Brébisson ex Ralfs

Cosmarium pyramidatum Brébisson

*Cosmarium isthmochondrum** Nordstedt

Cosmarium sp.

*Euastrum dubium** Nägeli

Staurastrum gracile Ralfs ex Ralfs

Staurastrum planctonicum Teiling

Staurastrum tetracerum Ralfs

Staurastrum bicornatum Johns.

*Staurastrum tectum** Borge.

*Staurastrum manfeldtii** Delp.

Orden Volvocales

Familia Volvocaceae

*Pandorina morum** (Müller) Bory

Clase BACILLARIOPHYCEAE

Orden Centrales

Fam. Thalassiosiraceae

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen

Aulacoseira italica (Ehrenberg) Simonsen

Cyclotella meneghiniana Kützing

Cyclotella striata (Kützing) Grunow

*Cyclotella glomerata** Bachmann

Fam. Melosiraceae

Melosira ambigua (Grunow) O.Müller

Melosira varians Agardh

Orden Pennales

Fam. Diatomaceae

Diatoma tenue C. Agardh

Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg

*Gomphonema acuminatum** Ehrenberg

Navicula radiosa Kützing

Craticula cuspidata (Kützing) D.G.Mann

Fam. Epithemiaceae

Epithemia sores Kützing

*Rhopalodia gibba** (Ehrenberg) Müller

Fam. Nitzschiaceae

Nitzschia palea (Kützing) W. Smith

Clase XANTHOPHYCEAE

Orden Tribonematales

Fam. Tribonemataceae

Goniochloris sp.

Tribonema sp.

Clase EUGLENOPHYCEAE

Orden Euglenales

Fam. Euglenaceae

Phacus stokesii f. *stokesii** Lemmermann

Phacus onyx Pochmann

Phacus pseudonordstedtli v. *pseudonordstedtli** Pochmann

Trachelomonas hispida (Perty) Stein emend. Deflandre

Trachelomonas robusta Svirenko emend. Deflandre

Trachelomonas volvocina Ehrenberg

Clase DINOPHYCEAE

Orden Peridinales

Fam. Peridiniaceae

Peridinium sp.

* Nuevos registros para la Laguna La Arocena (Provincia de La Pampa)

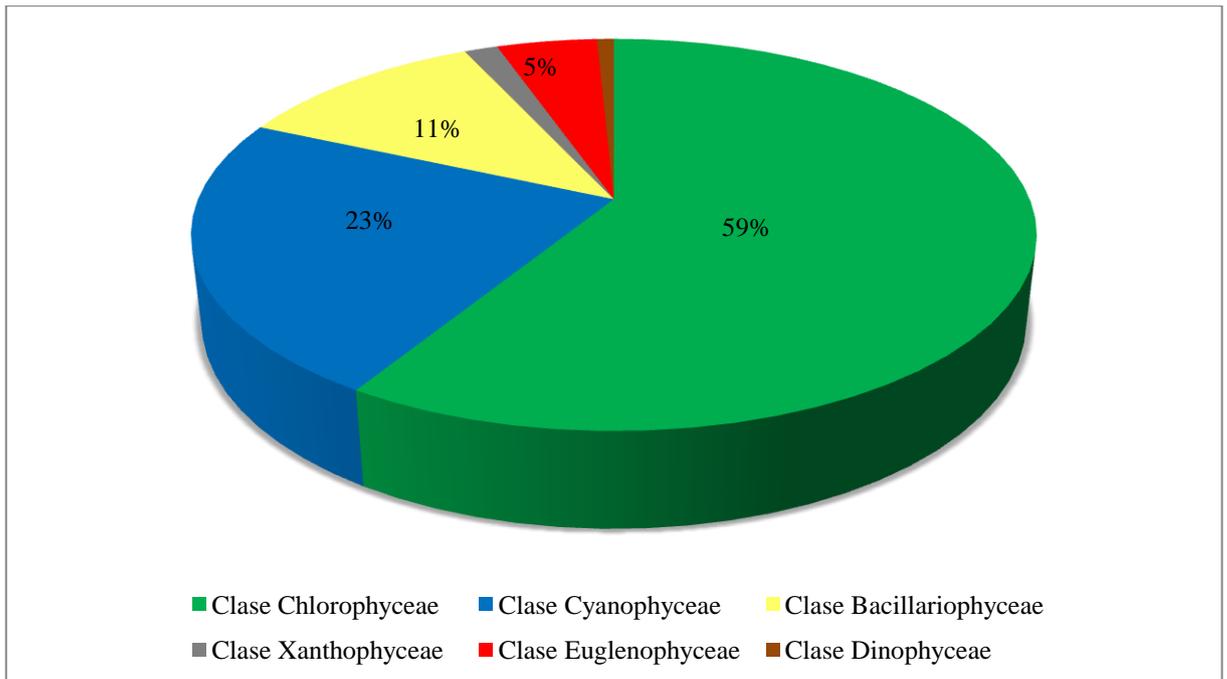
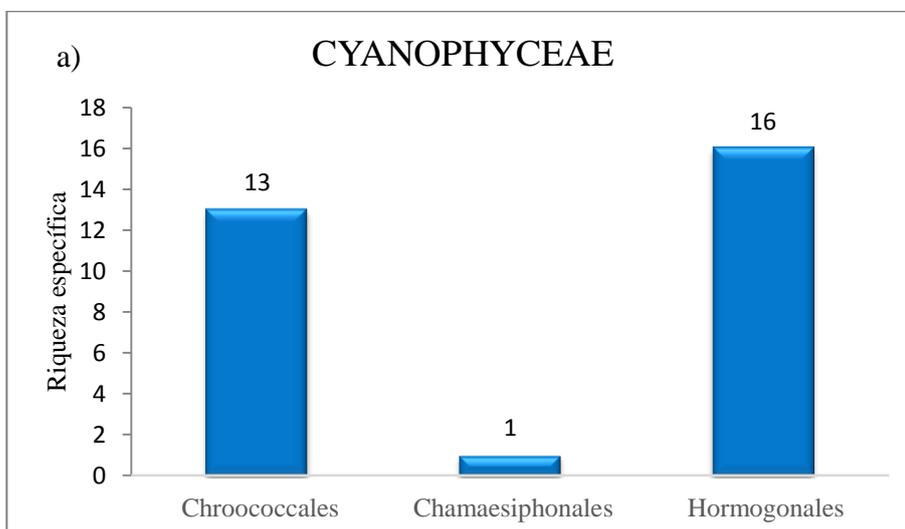


Figura 8. Contribución porcentual de las diferentes clases algales a la riqueza específica total de la laguna La Arocena durante el período agosto 2012 - junio 2013.

Dentro de la clase Cyanophyceae, el orden Hormogonales, aportó el mayor número de especies, con un total de 16 taxa; le sigue Chroococcales con 13 taxa y Chamaesiphonales con 1 (Figura 9 a). Entre las Chlorophyceae, el orden Chlorococcales fue el que presentó mayor riqueza específica con 60 taxa, seguido por Zygnematales con 13 y Tetraselmiales, Ulotrichales, Oedogoniales y Volvocales que aportaron una especie cada uno. (Figura 9 b). Entre las Bacillariophyceae, se reconocieron 7 taxa pertenecientes al orden Centrales y 8 a Pennales (Figura 9 c). En la clase Euglenophyceae se registraron 6 taxa pertenecientes al orden Euglenales; en Xanthophyceae, se registraron 2 taxa del orden Tribonematales y en Dinophyceae se identificó una sola especie del orden Peridinales.



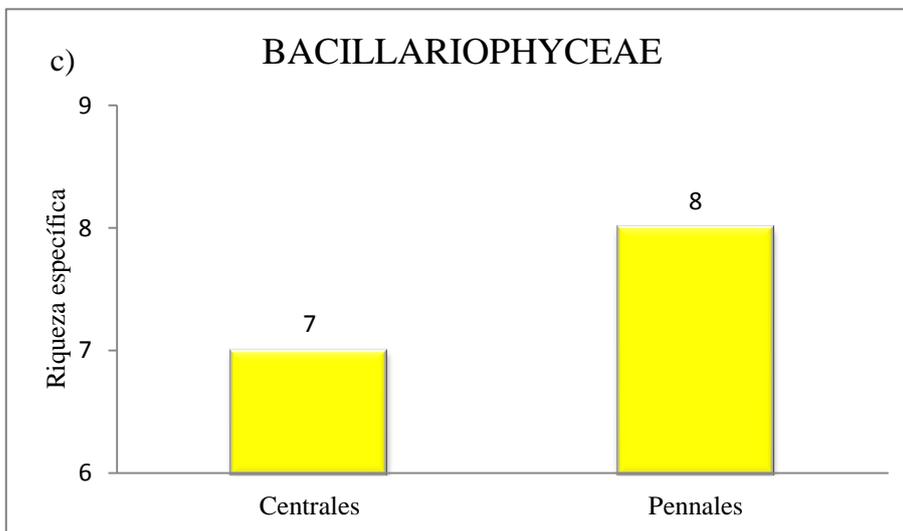
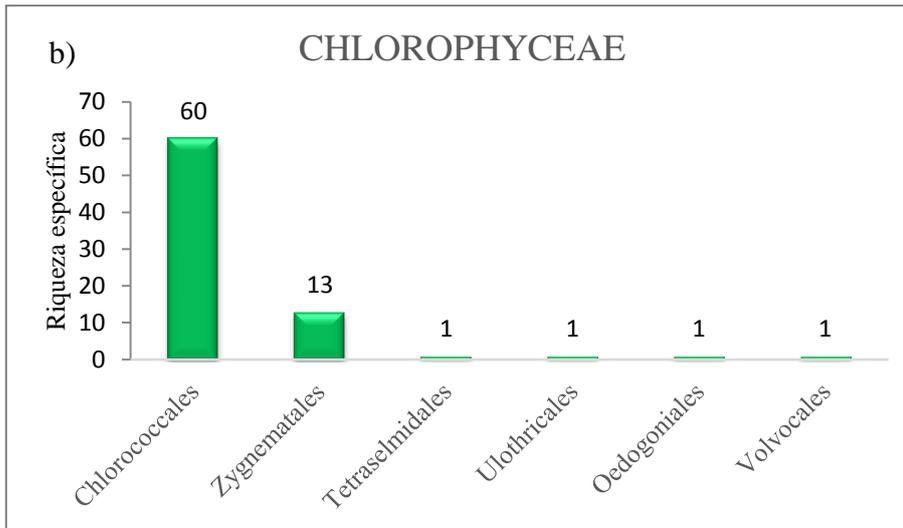


Figura 9. Riqueza específica por órdenes algales en: a) Cyanophyceae, b) Chlorophyceae y c) Bacillariophyceae.

- **Distribución Estacional del fitoplancton**

El número de especies fue mayor en primavera y verano (74 taxa), seguido por el otoño (73) e invierno (65) (Figura10).

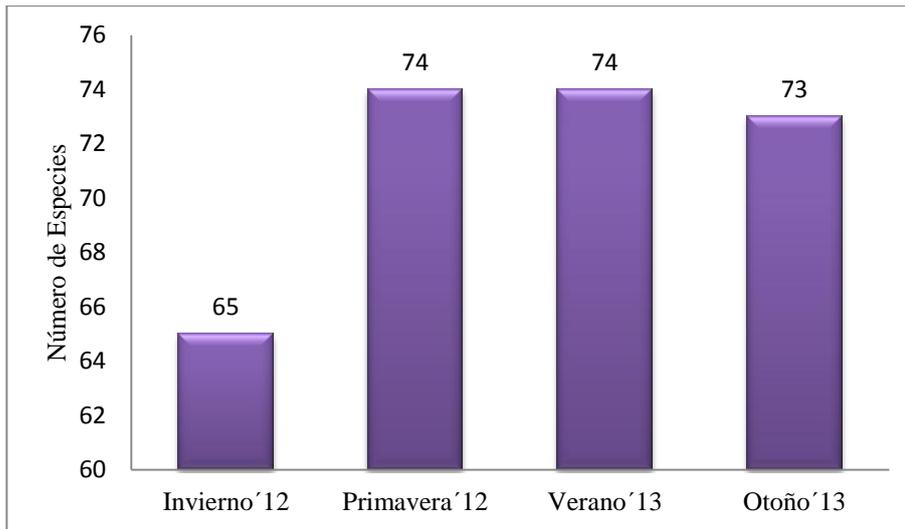
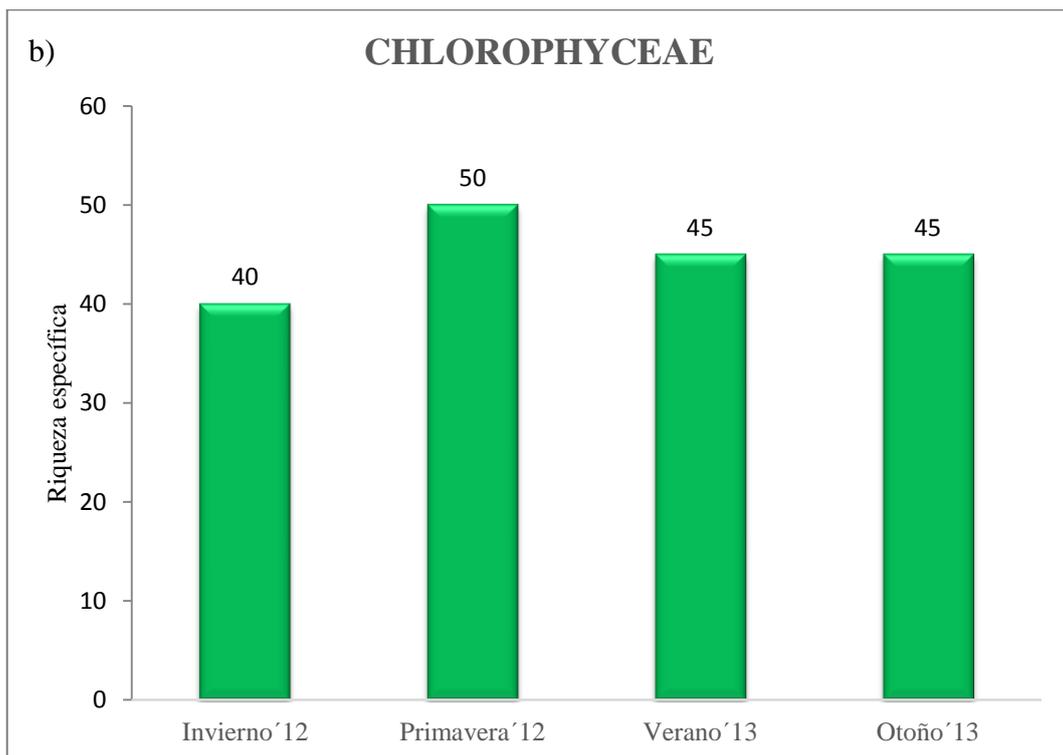
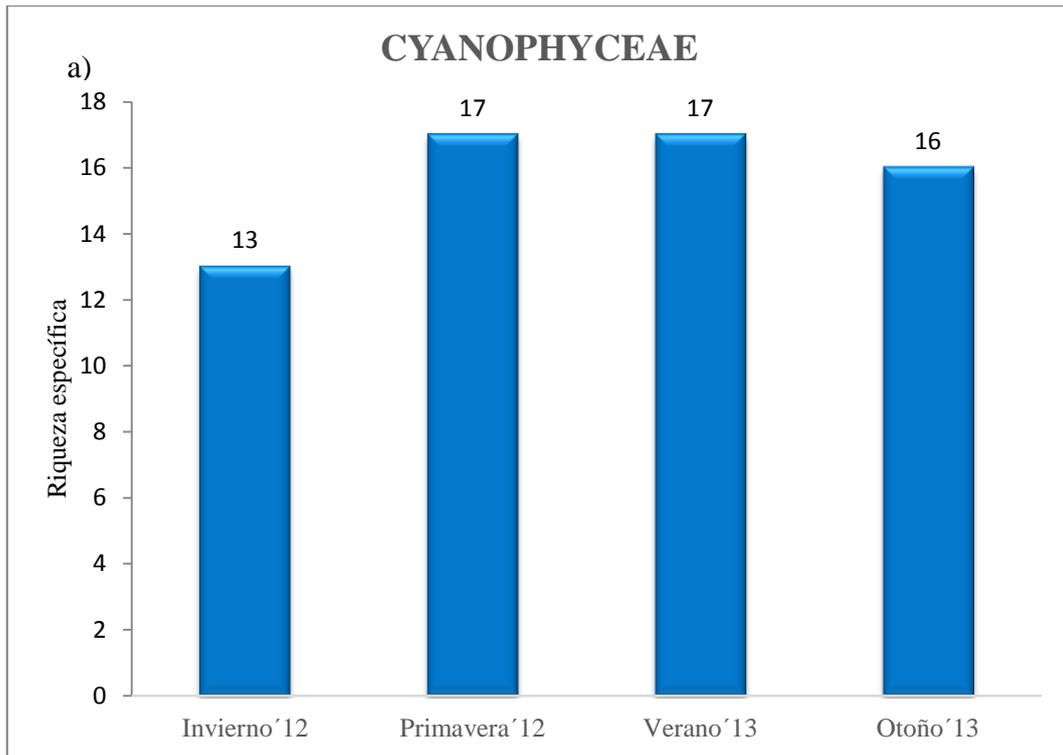


Figura 10. Riqueza específica por estación para la laguna La Arocena, durante el período agosto 2012-junio 2013.

El número de especies de la clase Cyanophyceae fue de 13 en invierno, 17 en primavera y verano y 16 en otoño. En Chlorophyceae se registraron 40 taxa en invierno, 50 en primavera y 45 en verano y otoño. En la clase Bacillariophyceae el número de taxa fue de 8, 3, 10 y 9 para invierno, primavera, verano y otoño respectivamente. Para Xanthophyceae fue de un taxón en invierno y uno en primavera. En la clase Euglenophyceae se registraron 2 taxa en invierno, 3 en primavera, 2 en otoño y uno en verano; y por último, en Dinophyceae se registró un solo taxón en invierno, otoño y verano (Figura 11 a, b, c y d).



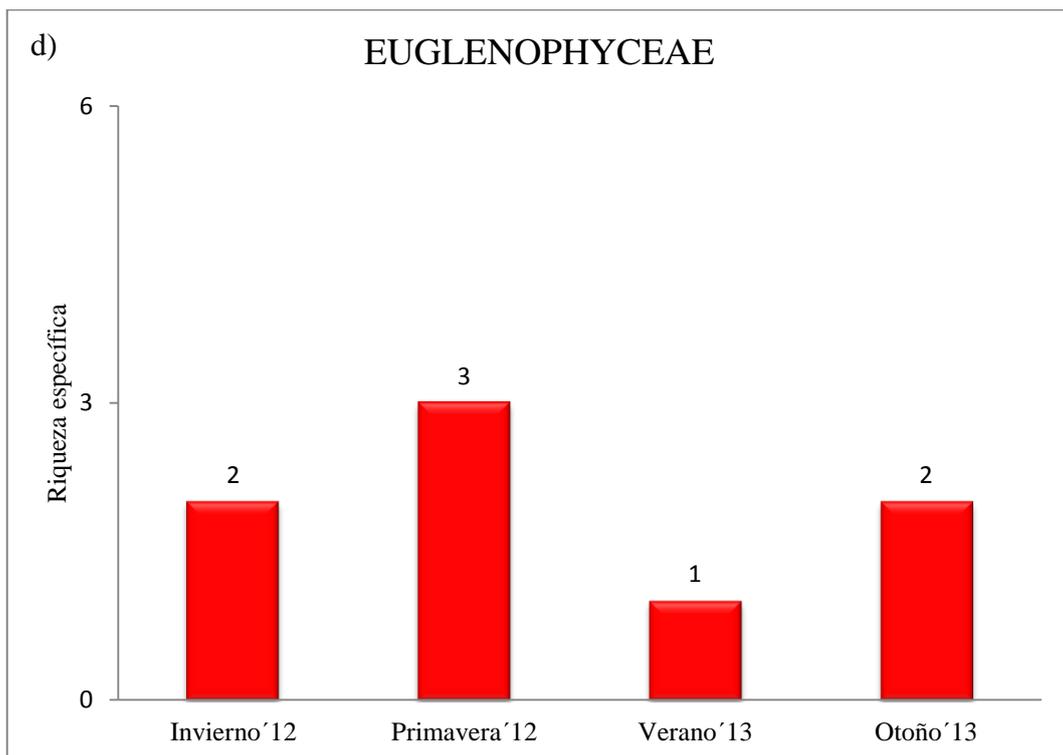
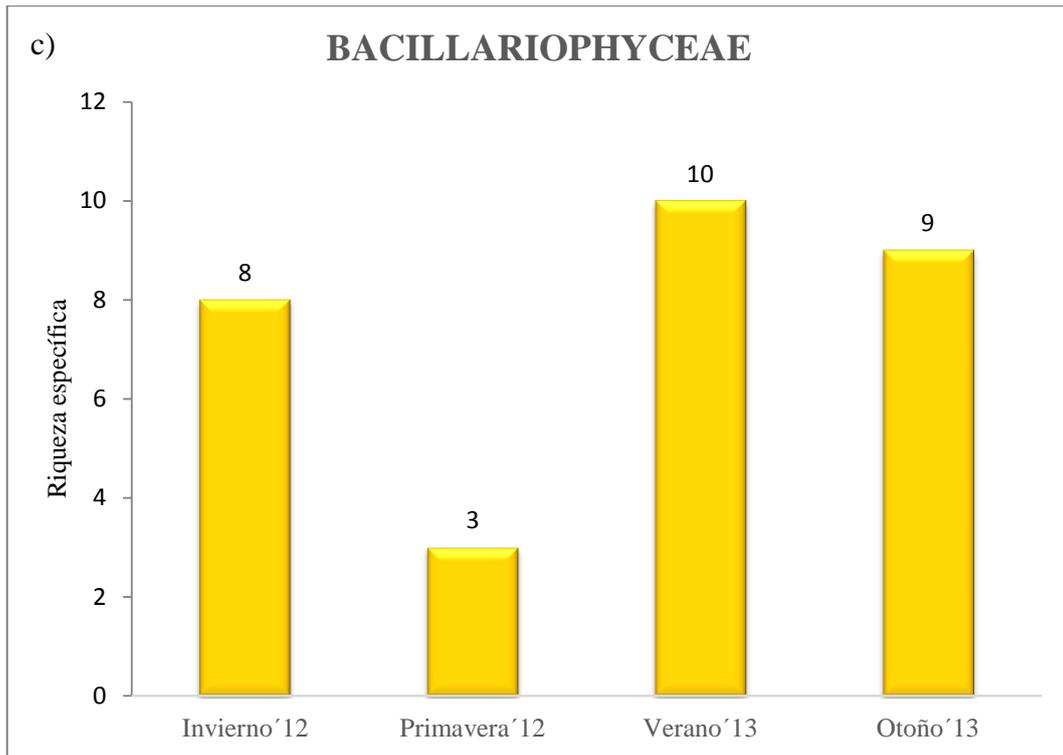
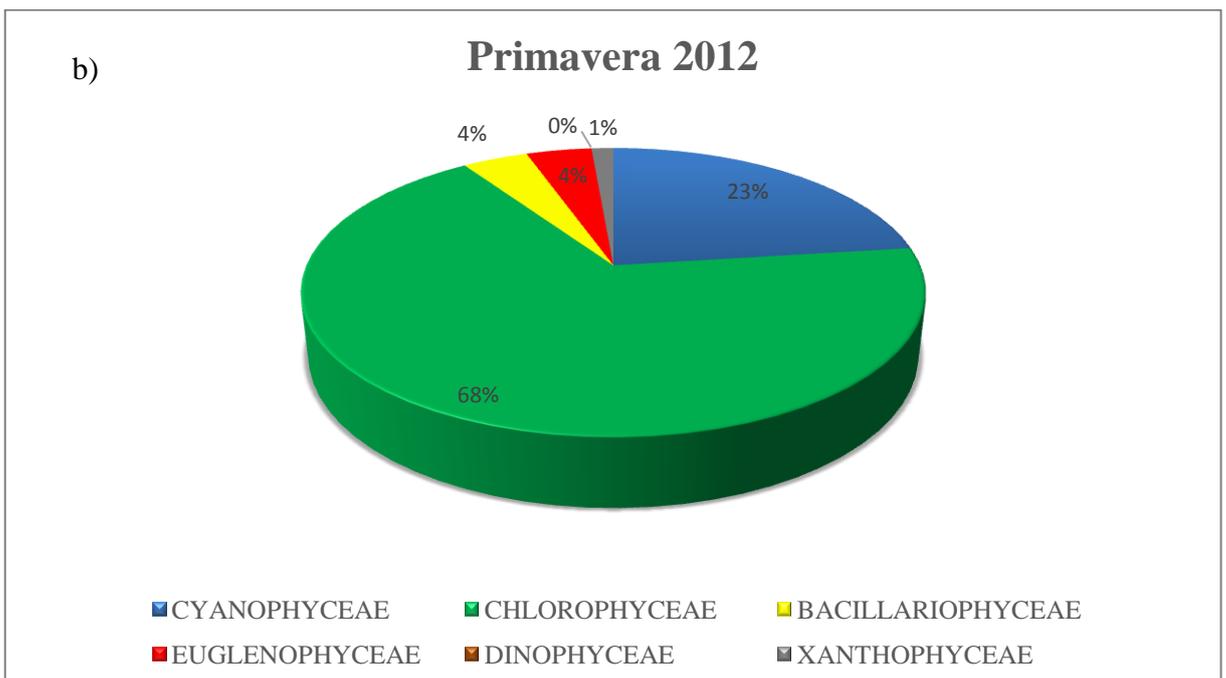
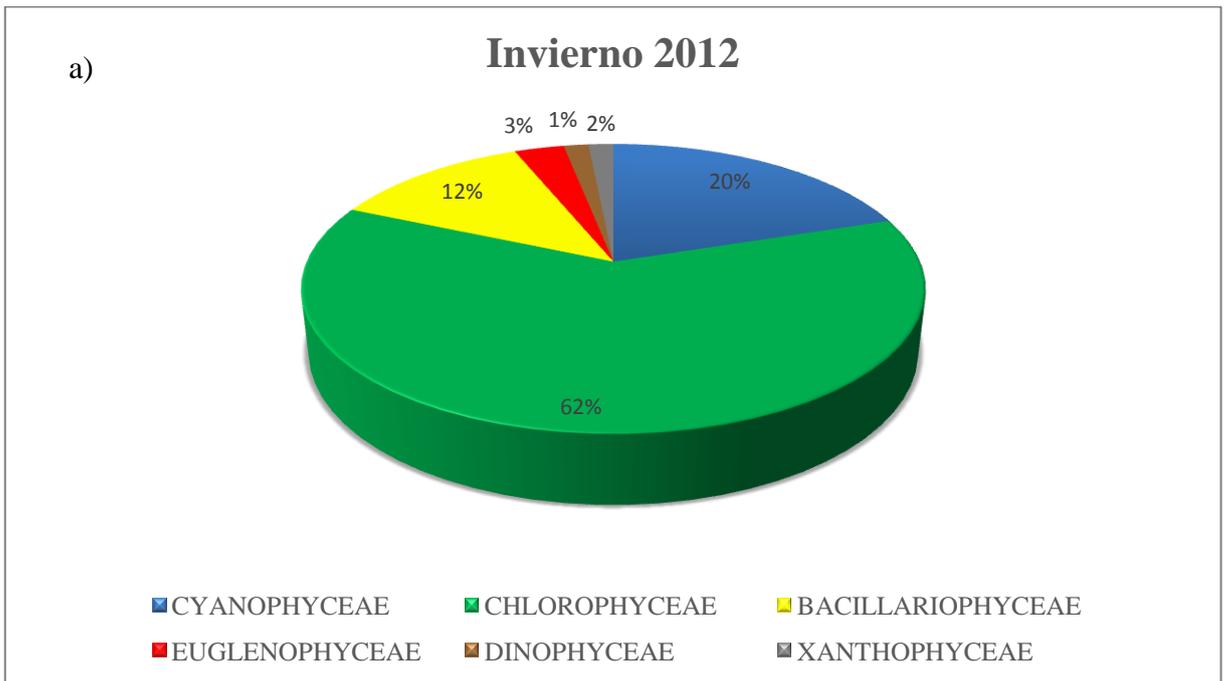


Figura 11 (a, b, c y d). Distribución estacional de la riqueza específica de las clases Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae y Euglenophyceae, durante el período de muestreo.

La clase Chlorophyceae fue la que contribuyó con mayor porcentaje de riqueza específica en todas las estaciones del período de muestreo: 68% en primavera, 62% en invierno, verano y otoño. La clase Cyanophyceae aportó 23% en primavera y verano, 22% en otoño y 20% en invierno. Bacillariophyceae representó 14% en verano, el 12% en invierno y otoño y 4% en primavera. Las menores contribuciones fueron de Euglenophyceae con un 2% en invierno, primavera y otoño; y con 1% en verano, Dinophyceae con 1% en invierno y otoño y por último Xanthophyceae con 1% invierno y primavera (Figura 12 a, b, c y d).



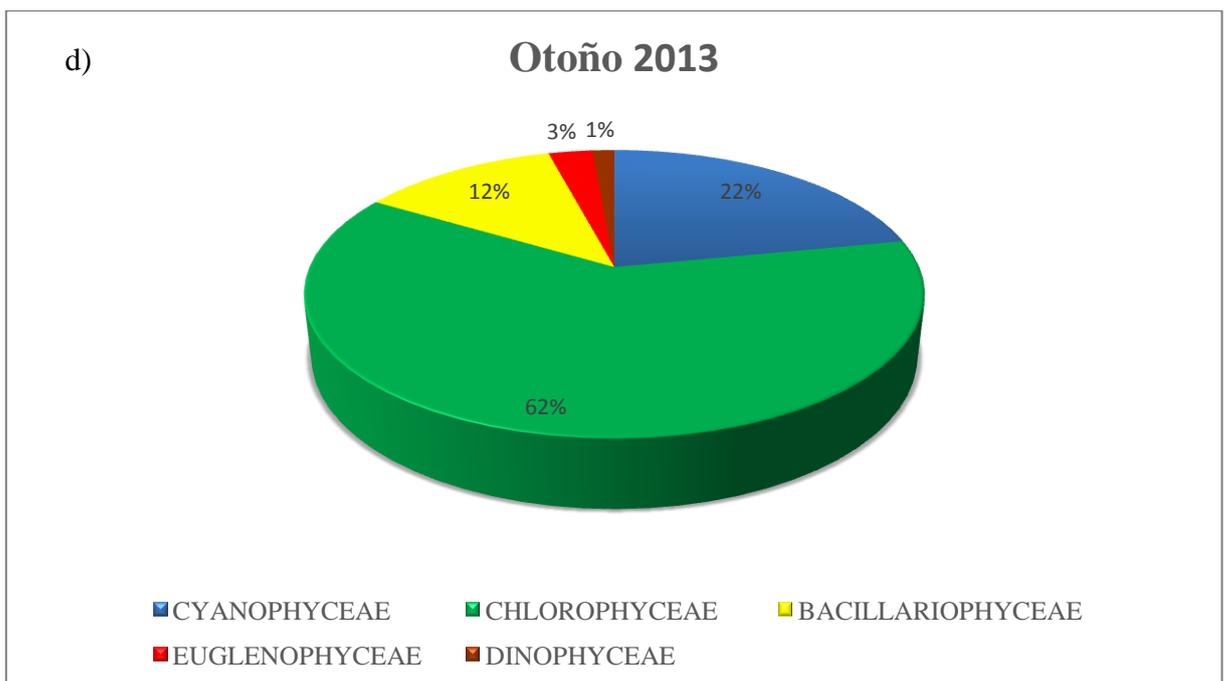
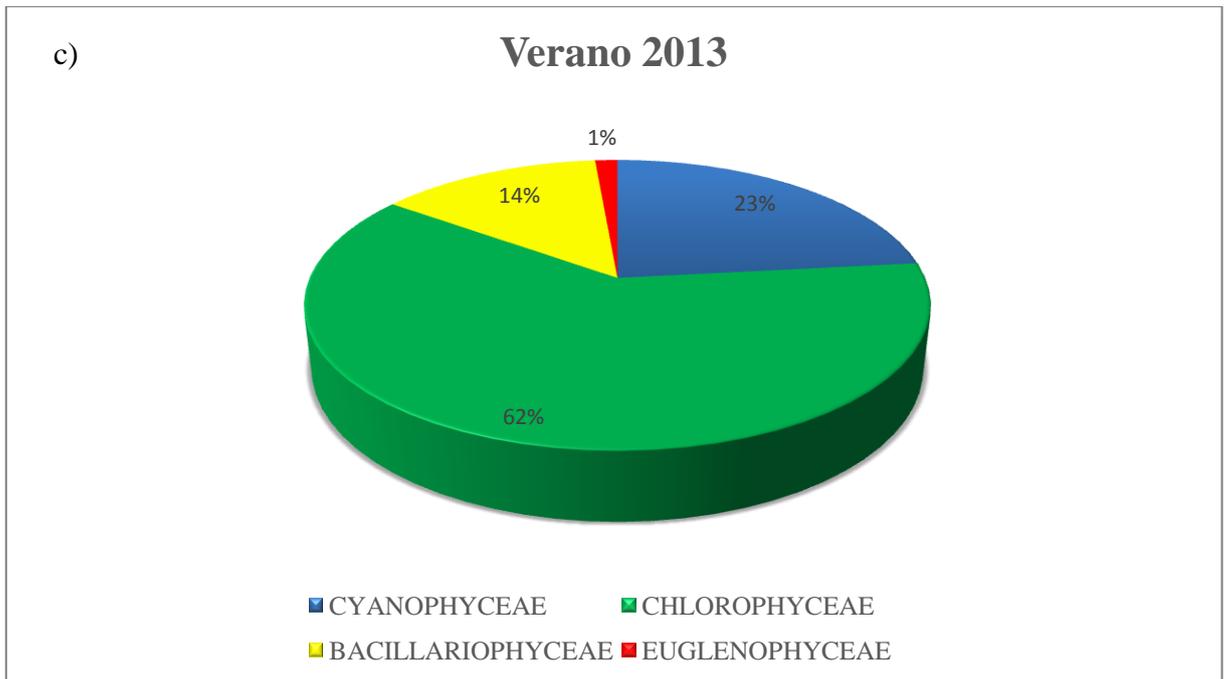


Figura 12 (a, b, c y d). Contribución porcentual de cada Clase por estación del año a la riqueza específica de la laguna La Arocena.

El número de especies registró variaciones en el ciclo anual. Se observaron diferencias estacionales entre los distintos sitios de muestreo. Los taxa de las clases Cyanophyceae, Chlorophyceae y Bacillariophyceae, variaron su número en los diferentes sitios de muestreo. Los taxa de las clases acompañantes (Xanthophyceae, Euglenophyceae

y Dinophyceae) se presentaron de forma inconstante o discontinua en el tiempo y espacio (figura 13).

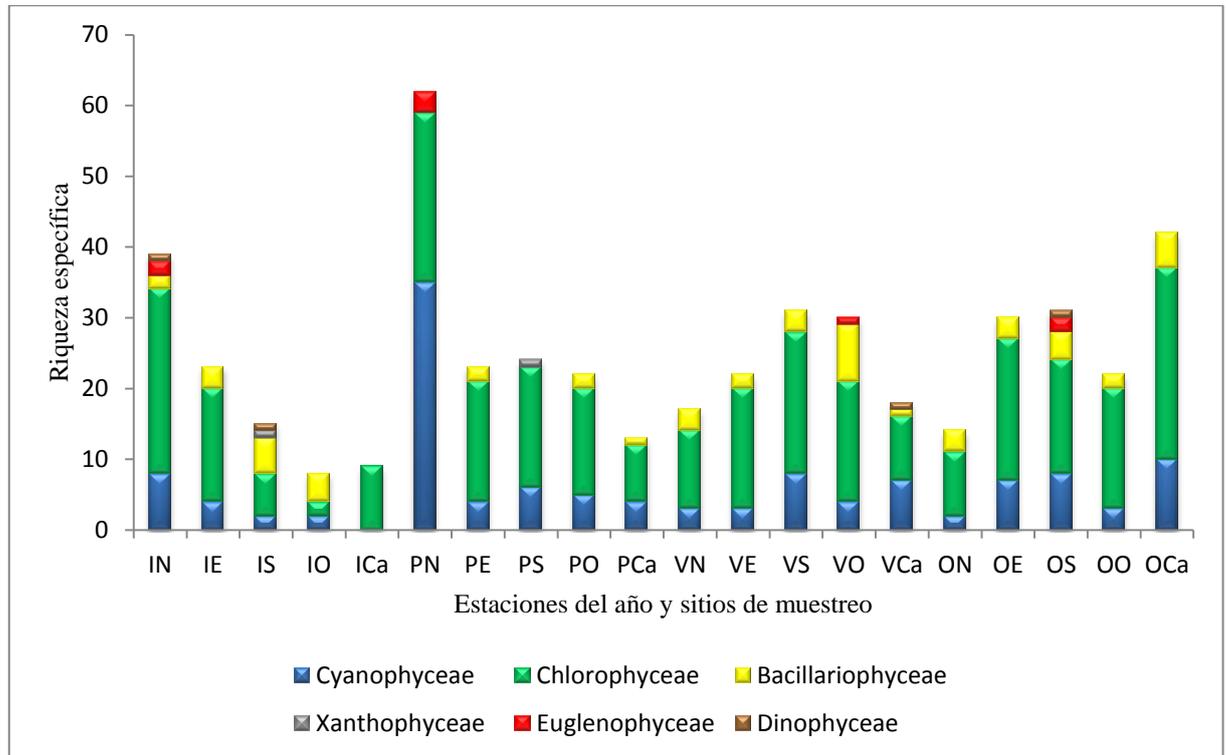


Figura 13: Distribución del número de especies de las clases algales en los distintos sitios de muestreo durante un ciclo anual (agosto'12 a junio'13).

En el estudio de la distribución estacional y la frecuencia de las algas presentes en la Laguna La Arocena, durante un ciclo anual 2012-2013 (Tabla 3) se identificaron 19 taxa correspondientes a la clase Chlorophyceae, 10 a Cyanophyceae, 4 Euglenophyceae, 3 a Bacillariophyceae y 2 taxa a Xanthophyceae.

Tabla 3: Distribución y porcentaje de frecuencia relativa de las algas presentes en la Laguna La Arocena en el período anual 2012-2013.

Muestreo 2012-2013, Laguna La Arocena																					
TAXA	Invierno					Primavera					Verano					Otoño					FR %
	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	
Clase CYANOPHYCEAE																					
<i>Aphanothece stagnina</i>		X							X					X	X						20%
<i>Anabaena flos-aquae</i>																		X			5%
<i>Anabaena sphaerica</i>							X	X		X				X	X						25%
<i>Anabaena variabilis</i>											X				X		X	X		X	25%
<i>Anabaenopsis arnoldii</i>																X	X	X	X		20%
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>																X				X	10%
<i>Aphanizomenon gracile</i>															X						5%
<i>Chamaesiphon minutus</i>																X					5%

Muestreo 2012-2013, Laguna La Arocena																					
Continúa tabla 3	Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
TAXA	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	FR %
<i>Chroococcus giganteus</i>														X							5%
<i>Chroococcus minor</i>	X					X														X	15%
<i>Coleosphaerium conferum</i>	X							X								X	X	X		X	25%
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	X					X	X		X	X											25%
<i>Coelosphaerium</i> sp.				X																	10%
<i>Dactylococcopsis irregularis</i>	X					X	X	X			X					X		X			35%
<i>Merismopedia elegans</i>	X					X			X		X										20%
<i>Merismopedia tenuissima</i>								X	X	X	X	X				X			X		30%
<i>Microcoleus</i> sp.							X														5%
<i>Microcystis aeruginosa</i>	X	X				X					X	X					X	X		X	40%
<i>Microcystis flos-aquae</i>		X					X					X	X							X	25%
<i>Microcystis pulvereae</i>																				X	5%
<i>Microcystis stagnalis</i>	X											X	X								15%
<i>Nostoc comunne</i>							X							X							10%
<i>Oscillatoria pseudogeminata</i>			X				X	X			X							X			25%
<i>Oscillatoria subbrevis</i>																				X	5%
<i>Phormidium frigidum</i>	X					X	X				X										15%
<i>Phormidium tenue</i>		X	X	X		X		X										X			35%
<i>Planktothrix agardhii</i>						X												X	X		15%
<i>Pseudoanabaena catenata</i>												X									5%
<i>Spirulina laxissima</i>												X									5%
<i>Spirulina subtilissima</i>						X															5%
Clase CHLOROPHYCEAE																					
<i>Actinastrum raphidioides</i>														X		X					10%
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>											X										5%
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	X					X					X		X		X	X					25%
<i>Botryococcus braunii</i>	X										X	X	X	X	X	X			X		35%
<i>Lagerheimia ciata</i>		X			X										X						15%
<i>Lagerheimia subsalsa</i>							X				X	X				X	X	X			30%
<i>Chlorella ellipsoidea</i>																X	X		X		15%
<i>Chlorella vulgaris</i>		X				X										X	X		X		25%
<i>Closteriopsis acicularis</i> v. <i>acicularis</i>	X					X			X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		40%
<i>Coelastrum astroideum</i>	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	70%
<i>Coelastrum microporum</i>							X									X					10%
<i>Cosmarium botritis</i>								X	X		X										15%
<i>Cosmarium granatum</i>	X																		X		10%
<i>Cosmarium isthmochondrum</i>						X															5%
<i>Cosmarium pyramidatum</i>			X																		5%
<i>Cosmarium</i> sp.	X					X															10%
<i>Dictyosphaerium elegans</i>									X	X							X				15%
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	X					X											X				15%
<i>Euastrum dubium</i>	X					X								X							15%

Muestreo 2012-2013, Laguna La Arocena																					
Continúa tabla 3	Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
TAXA	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	FR %
<i>Franceia ovalis</i>					X																5%
<i>Golenkinia radiata</i>																	X				5%
<i>Golenkiniopsis parvula</i>														X						X	10%
<i>Kirchneriella aperta</i>		X	X										X				X			X	25%
<i>Kirchneriella contorta</i> v. <i>contorta</i>	X		X			X	X		X	X										X	35%
<i>Kirchneriella irregularis</i>										X											5%
<i>Kirchneriella obesa</i>	X										X						X		X	X	25%
<i>Lagerheimia citriformis</i>		X										X				X					10%
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	X					X	X		X					X				X	X	X	35%
<i>Monoraphidium griffithii</i>		X				X	X		X	X			X	X	X				X	X	50%
<i>Monoraphidium indicum</i>	X											X									10%
<i>Monoraphidium irregulare</i>								X					X								10%
<i>Monoraphidium obtusum</i>								X													5%
<i>Mougeotia</i> sp.	X	X				X															15%
<i>Oedogonium</i> sp.		X	X	X			X	X	X	X											35%
<i>Oocystis lacustris</i>																	X	X	X	X	25%
<i>Oocystis parva</i>																				X	5%
<i>Oocystis solitaria</i>	X					X		X	X			X	X		X					X	40%
<i>Pandorina morum</i>	X					X		X	X												20%
<i>Pediastrum boryanum</i>		X			X					X	X	X	X		X	X	X				25%
<i>Pediastrum biradiatum</i>						X		X	X					X						X	25%
<i>Pediastrum duplex</i>	X	X		X	X	X	X							X	X		X	X	X	X	45%
<i>Pediastrum clathratum</i>		X						X												X	15%
<i>Pediastrum simplex</i>						X						X	X		X						20%
<i>Pediastrum tetras</i>												X	X	X				X		X	25%
<i>Scenedesmus bernardii</i>															X		X	X			15%
<i>Scenedesmus acuminatus</i>		X			X	X			X								X	X	X	X	40%
<i>Scenedesmus acutus</i>						X															5%
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	X					X			X	X	X	X	X							X	40%
<i>Scenedesmus armatus</i>								X													5%
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>																				X	5%
<i>Scenedesmus dimorphus</i>												X				X					10%
<i>Scenedesmus eornis</i>																X					5%
<i>Scenedesmus falcatus</i>	X	X										X	X	X	X				X		35%
<i>Scenedesmus longispina</i>																				X	5%
<i>Scenedesmus obtusus</i>	X					X			X			X								X	25%
<i>Scenedesmus opoliensis</i>		X			X	X	X						X				X	X	X	X	45%
<i>Scenedesmus quadricauda</i>						X															5%
<i>Scenedesmus quadrispina</i>								X					X								10%
<i>Scenedesmus spinosus</i>	X	X			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	85%
<i>Schroederia planctonica</i>						X											X	X		X	20%
<i>Schroederia setigera</i>															X				X	X	15%

Muestreo 2012-2013, Laguna La Arocena																					
Continúa tabla 3	Invierno					Primavera					Verano					Otoño					
TAXA	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	FR %
<i>Sphaerocystis scroeteri</i>			X																		5%
<i>Staurastrum bicornatum</i>																			X		5%
<i>Staurastrum gracile</i>	X		X			X															15%
<i>Staurastrum planctonicum</i>		X										X	X	X	X		X	X	X	X	45%
<i>Staurastrum tectum</i>					X																5%
<i>Staurastrum manfeldtii</i>										X											5%
<i>Staurastrum tetracerum</i>							X	X													10%
<i>Tetraedron caudatum</i>	X					X		X												X	20%
<i>Tetraedron minimum</i>	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	60%
<i>Tetraedron triangulare</i>	X					X		X	X				X		X						30%
<i>Tetraedron pentaedricum</i>						X			X					X		X					20%
<i>Tetraselmis</i> sp.							X														5%
<i>Tetrastrum elegans</i>						X	X								X						15%
<i>Tetrastrum peterfii</i>										X		X					X				15%
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	X				X	X	X								X	X	X		X		35%
<i>Ulothrix variabilis</i>	X					X	X	X	X			X									30%
Clase BACILLARIOPHYCEAE																					
<i>Aulacoseira granulata</i>			X															X	X		15%
<i>Aulacoseira itálica</i>																	X		X		10%
<i>Craticula cuspidata</i>			X																		5%
<i>Cyclotella glomerata</i>		X												X							10%
<i>Cyclotella meneghiniana</i>		X	X	X		X								X						X	30%
<i>Cyclotella striata</i>														X						X	10%
<i>Diatoma tenue</i>				X																	5%
<i>Epithemia sorex</i>											X	X	X	X							20%
<i>Gomphonema acuminatum</i>														X		X					10%
<i>Melosira ambigua</i>		X	X	X						X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	55%
<i>Melosira varians</i>	X		X	X				X			X					X					30%
<i>Navicula radiosa</i>	X										X			X							15%
<i>Nitzschia palea</i>																	X	X			10%
<i>Rhopalodia gibba</i>											X										5%
<i>Synedra ulna</i>						X	X	X				X	X		X	X			X		35%
Clase XANTHOPHYCEAE																					
<i>Goniochloris</i> sp.							X														5%
<i>Tribonema</i> sp.			X																		5%
Clase EUGLENOPHYCEAE																					
<i>Phacus stokensis</i>	X													X							10%
<i>Phacus onyx</i>	X					X															10%
<i>Phacus pseudonordstedtii</i> v. <i>pseudonordstedtii</i>						X															5%
<i>Trachelomonas hispida</i>						X															5%
<i>Trachelomonas robusta</i>																		X			5%

Muestreo 2012-2013, Laguna La Arocena																											
Continúa tabla 3	Invierno					Primavera					Verano					Otoño											
TAXA	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	N	E	S	O	C	FR %						
<i>Trachelomonas volvocina</i>																								X			5%
Clase DINOPHYCEAE																											
<i>Peridinium</i> sp.	X		X																		X			X			20%

Análisis de similitud

El análisis de similitud de la ficoflora, con un S mínimo= 0.29 y S máximo= 0.60, no determinó grupos de algas extremadamente marcados (Figura 14).

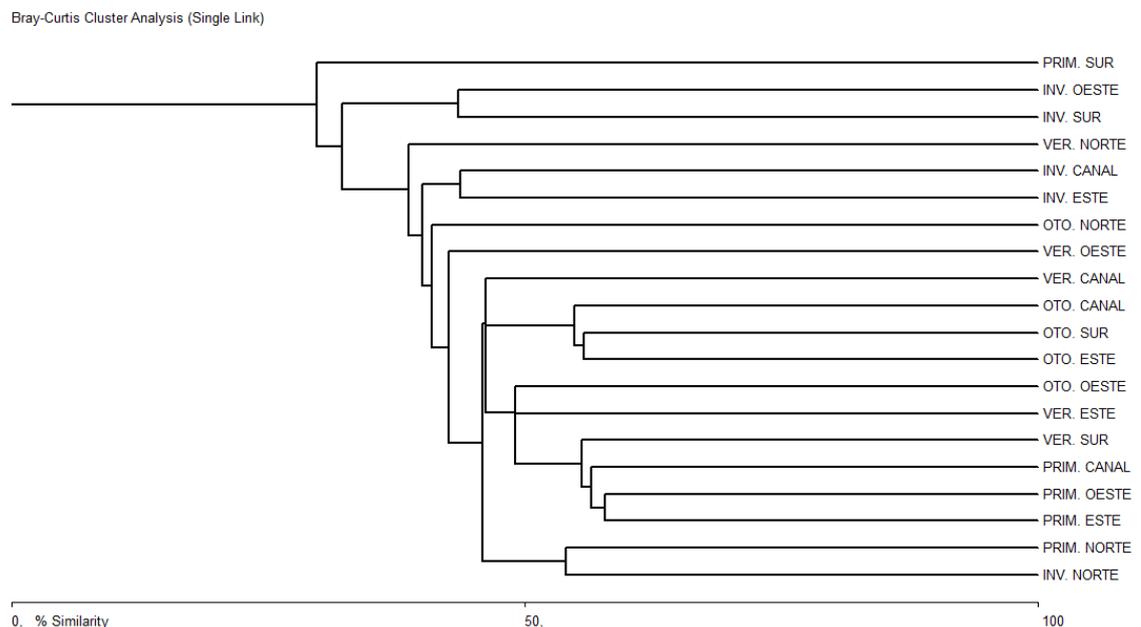


Figura14: Dendrograma de Bray Curtis indicando grado de similitud de la ficoflora en los distintos sitios de muestreo y estaciones del año en la laguna La Arocena durante un ciclo anual. PRIM.SUR: primavera sitio sur, INV.OESTE: invierno sitio oeste, INV.SUR: invierno sitio sur, VER. NORTE: verano sitio norte, INV. CANAL: invierno sitio canal, INV. ESTE: invierno sitio este, OTO. NORTE: otoño sitio norte, VER. OESTE: verano sitio oeste, VER. CANAL: verano canal, OTO. CANAL: otoño canal, PRIM. CANAL: primavera canal, OTO. SUR: otoño sitio sur, OTO. ESTE: otoño sitio este, OTO. OESTE: otoño sitio oeste, VER. ESTE: verano sitio este, VER. SUR: verano sitio sur, PRIM. OESTE: primavera sitio oeste, PRIM. ESTE: primavera sitio este, PRIM. NORTE: primavera sitio norte, INV. NORTE: invierno sitio norte.

Step	Clusters	Distance	Similarity	Joined 1	Joined 2
1	19	42,222214	57,777786	6	14
2	18	43,47826	56,52174	6	18
3	17	44,2622948	55,7377052	8	12
4	16	44,4444428	55,5555573	6	11
5	15	45,2054787	54,7945213	8	20
6	14	45,9459457	54,0505043	1	2
7	13	50,9433975	49,0566025	6	7
8	12	50,9433975	49,0566025	6	16
9	11	53,8461533	46,1538467	6	8
10	10	53,8461533	46,1538467	6	19
11	9	54,098362	45,901638	1	6
12	8	56,25	43,75	5	17
13	7	56,52174	43,47826	9	13
14	6	57,370485	42,629515	1	15
15	5	59,0909081	40,909092	1	4
16	4	60	40	1	5
17	3	61,2903214	38,7096787	1	3
18	2	67,419357	32,580643	1	9
19	1	70,2127686	29,787215	1	10
Similarity Matrix					
INV. NORTE*	INV. NORTE	54,0541	35,7143	22,6415	19,3548
PRIM. NOR*	PRIM. NOR	*	30,7692	12,2449	24,1379
VER. NOR*	VER. NOR	*	*	38,7097	25
OTO. NOR*	OTO. NOR	*	*	*	16,2162
INV. ESTE*	INV. ESTE	*	*	*	*
PRIM. ESTE*	PRIM. ESTE	*	*	*	*
VER. ESTE*	VER. ESTE	*	*	*	*
OTO. ESTE*	OTO. ESTE	*	*	*	*
INV. SUR*	INV. SUR	*	*	*	*
PRIM. SUR*	PRIM. SUR	*	*	*	*
VER. SUR*	VER. SUR	*	*	*	*
OTO. SUR*	OTO. SUR	*	*	*	*
INV. OESTE*	INV. OESTE	*	*	*	*
PRIM. OES*	PRIM. OES	*	*	*	*
VER. OEST*	VER. OEST	*	*	*	*
OTO. OEST*	OTO. OEST	*	*	*	*
INV. CANA*	INV. CANA	*	*	*	*
PRIM. CAN*	PRIM. CAN	*	*	*	*
VER. CANA*	VER. CANA	*	*	*	*
OTO. CANA*	OTO. CANA	*	*	*	*

Tabla 4. Matriz resultante de la aplicación del índice de Bray Curtis indicando grado de similitud de la microfiora en los distintos sitios de muestreo y estaciones del año en la laguna La Arocena durante un ciclo anual. PRIM. SUR: primavera sitio sur, INV. OESTE: invierno sitio oeste, INV. SUR: invierno sitio sur, VER. NORTE: verano sitio norte, INV. CANAL: invierno sitio canal, INV. ESTE: invierno sitio este, OTO. NORTE: otoño sitio norte, VER. OESTE: verano sitio oeste, VER. CANAL: verano sitio canal, PRIM. CANAL: primavera sitio canal, OTO. SUR: otoño sitio sur, OTO. ESTE: otoño sitio este, OTO. OESTE: otoño sitio oeste, VER. ESTE: verano sitio este, VER. SUR: verano sitio sur, PRIM. OESTE: primavera sitio oeste, PRIM. ESTE: primavera sitio este, PRIM. NORTE: primavera sitio norte, INV. NORTE: invierno sitio norte, OTO. CANAL: otoño sitio canal.

- **Índice de Nygaard**

En la tabla 5 se presentan los resultados del cálculo de los índices de Nygaard (1949) calculados para el período agosto 2012 y junio 2013. Los resultados de los índices de clorofitas y compuesto ubican a la laguna La Arocena, en el rango de lagunas eutróficas. El índice de Ce/Pe indica un grado oligotrófico.

Tabla 5. Resultados de los índices de Nygaard: índice clorofitas, índice Centrales/Pennales (Ce/Pe) e índice compuesto para la laguna La Arocena durante el período anual 2012-2013.

Índices	Muestreo 2012/2013	Grado de Eutrofización
Índice Clorofitas	5	Eutrófico
Índice Ce/Pe	0.88	Oligotrófico
Índice compuesto	8.58	Eutrófico

- **Índice de Saprobiidad de Plantle & Buck**

El índice de Pantle & Buck (1955) calculado para el ciclo anual de muestreo (invierno 2012 - otoño 2013) registró un valor S= 2.39. En la tabla 6 se presentan los valores sapróbicos (s) registrados y la frecuencia relativa (h) para las especies determinadas en la laguna La Arocena, en los períodos nombrados anteriormente.

Tabla 6. Valores sapróbicos (s) y frecuencia relativa (h) para cada una de las especies encontradas en la laguna La Arocena durante el período de muestreo (agosto 2012 – junio 2013).

MUESTREO LAGUNA LA AROCENA 2012-2013		
TAXA	s	h
Clase CYANOPHYCEAE		
<i>Aphanothece stagnina</i>	2	3
<i>Anabaena flos-aquae</i>	2	1
<i>Anabaena sphaerica</i>	2	3
<i>Anabaena variabilis</i>	2	3
<i>Anabaenopsis arnoldii</i>	2	3
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	2	1
<i>Aphanizomenon gracile</i>	2	1
<i>Chamaesiphon minutus</i>	3	1
<i>Chroococcus giganteus</i>	3	1
<i>Chroococcus minor</i>	3	1
<i>Coelosphaerium sp.</i>	2	1
<i>Coleosphaerium conferum</i>	2	3
<i>Coelosphaerium minutissimum</i>	2	3
<i>Dactylococcopsis irregularis</i>	2	3
<i>Merismopedia elegans</i>	3	3
<i>Merismopedia tenuissima</i>	3	3

Continúa tabla 6	s	h
<i>Microcoleus</i> sp.	2	1
<i>Microcystis aeruginosa</i>	2	3
<i>Microcystis flos-aquae</i>	2	3
<i>Microcystis pulverea</i>	3	1
<i>Microcystis stagnalis</i>	3	1
<i>Nostoc comunne</i>	3	1
<i>Oscillatoria pseudogeminata</i>	3	3
<i>Oscillatoria subbrevis</i>	2	1
<i>Phormidium frigidum</i>	2	1
<i>Phormidium tenue</i>	2	3
<i>Planktothrix agardhii</i>	2	1
<i>Pseudoanabaena catenata</i>	4	1
<i>Spirulina laxissima</i>	3	1
<i>Spirulina subtilissima</i>	3	1
Clase CHLOROPHYCEAE		
<i>Actinastrum raphidioides</i>	3	1
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	3	1
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>	3	3
<i>Botryococcus braunii</i>	2	3
<i>Lagerheimia ciata</i>	2	1
<i>Lagerheimia subsalsa</i>	2	3
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	3	1
<i>Chlorella vulgaris</i>	3	3
<i>Closteriopsis acicularis</i> v. <i>acicularis</i>	3	3
<i>Coelastrum astroideum</i>	2	5
<i>Coelastrum microporum</i>	2	1
<i>Cosmarium botritis</i>	3	1
<i>Cosmarium granatum</i>	2	1
<i>Cosmarium isthmochondrum</i>	2	1
<i>Cosmarium pyramidatum</i>	2	1
<i>Cosmarium</i> sp.	2	1
<i>Dictyosphaerium elegans</i>	2	1
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	2	1
<i>Euastrum dubium</i>	2	1
<i>Franceia ovalis</i>	2	1
<i>Golenkinia radiata</i>	3	1
<i>Golenkiniopsis parvula</i>	3	3
<i>Kirchneriella aperta</i>	2	3
<i>Kirchneriella contorta</i> v. <i>contorta</i>	3	3
<i>Kirchneriella irregularis</i>	3	1
<i>Kirchneriella obesa</i>	2	3
<i>Lagerheimia citriformis</i>	2	1
Contunúa tabla 6	s	h

Continúa tabla 6	s	h
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	3	3
<i>Monoraphidium griffithii</i>	3	3
<i>Monoraphidium indicum</i>	3	1
<i>Monoraphidium irregulare</i>	3	1
<i>Monoraphidium obtusum</i>	3	1
<i>Mougeotia sp.</i>	1	1
<i>Oedogonium sp.</i>	2	3
<i>Oocystis lacustris</i>	2	3
<i>Oocystis parva</i>	3	1
<i>Oocystis solitaria</i>	2	3
<i>Pandorina morum</i>	2	3
<i>Pediastrum boryanum</i>	2	3
<i>Pediastrum biradiatum</i>	2	3
<i>Pediastrum duplex</i>	2	3
<i>Pediastrum clathratum</i>	2	1
<i>Pediastrum simplex</i>	2	3
<i>Pediastrum tetras</i>	2	3
<i>Scenedesmus bernardii</i>	3	3
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	3	3
<i>Scenedesmus acutus</i>	3	3
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	2	3
<i>Scenedesmus armatus</i>	3	1
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	3	1
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	3	1
<i>Scenedesmus ecornis</i>	3	1
<i>Scenedesmus falcatus</i>	3	3
<i>Scenedesmus longispina</i>	3	1
<i>Scenedesmus obtusus</i>	3	3
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	2	3
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	2	1
<i>Scenedesmus quadrispina</i>	3	1
<i>Scenedesmus spinosus</i>	3	5
<i>Schroederia planctonica</i>	2	3
<i>Schroederia setigera</i>	2	1
<i>Sphaerocystis scroeteri</i>	1	1
<i>Staurastrum bicornatum</i>	2	1
<i>Staurastrum gracile</i>	2	1
<i>Staurastrum planctonicum</i>	2	3
<i>Staurastrum tectum</i>	2	1
<i>Staurastrum manfeldtii</i>	2	1
<i>Staurastrum tetracerum</i>	2	1
<i>Tetraedron caudatum</i>	2	3
<i>Tetraedron minimum</i>	2	3

Continúa tabla 6	s	h
<i>Tetraedron triangulare</i>	2	3
<i>Tetraedron pentaedricum</i>	2	3
<i>Tetraselmis sp.</i>	2	1
<i>Tetrastrum elegans</i>	2	1
<i>Tetrastrum peterfii</i>	2	1
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	2	3
<i>Ulothrix variabilis</i>	3	3
Clase BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	1
<i>Aulacoseira itálica</i>	2	1
<i>Craticula cuspidata</i>	3	1
<i>Cyclotella glomerata</i>	2	1
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	3	3
<i>Cyclotella striata</i>	3	1
<i>Diatoma tenue</i>	3	1
<i>Epithemia sorex</i>	2	3
<i>Gomphonema acuminatum</i>	2	1
<i>Melosira ambigua</i>	2	3
<i>Melosira varians</i>	2	3
<i>Navicula radiosa</i>	3	1
<i>Nitzschia palea</i>	4	1
<i>Rhopalodia gibba</i>	3	1
<i>Synedra ulna</i>	2	3
Clase XANTHOPHYCEAE		
<i>Goniochloris sp.</i>	3	1
<i>Tribonema sp.</i>	3	1
Clase EUGLENOPHYCEAE		
<i>Phacus stokensis</i>	4	1
<i>Phacus onyx</i>	3	1
<i>Phacus pseudonordstedtli v. pseudonordstedti</i>	3	1
<i>Trachelomonas hispida</i>	2	1
<i>Trachelomonas robusta</i>	2	1
<i>Trachelomonas volvocina</i>	2	1
Clase DINOPHYCEAE		
<i>Peridinium sp.</i>	2	3

8. DISCUSIÓN

Al considerar los factores fisicoquímicos registrados en la Laguna La Arocena para el período 2012-2013, se observa que los registros de pH oscilaron entre 9.25 en primavera de 2012 (Sitio Canal) y 6.17 para verano de 2013 (Sitio Norte). Estos valores de pH, sumados a la temperatura del agua y del aire, estimularon el desarrollo de clorófitos, respecto del resto de la ficoflora, en verano de 2013 (Cole, 1988). Los valores de pH por debajo de 7 se diferencian de los citados para las lagunas del este de la provincia de La Pampa (Álvarez, 1993; Álvarez & Bazán, 1994; Álvarez *et al.*, 2000; 2003; 2004; Bazán & Álvarez, 2004; Bazán *et al.*, 1996 2002; 2003; 2004; Vignatti *et al.*, 2009; Bazán, 2010).

La concentración de OD guardó estrecha relación con la temperatura del agua, con máximos en otoño e invierno, en coincidencia con las bajas temperaturas, (Schwoerbel, 1975; Margalef, 1983; Cole, 1988).

Los valores de conductividad, variaron estacionalmente durante el período de muestreo, observándose el menor registro en verano de 2013 (194 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y el mayor en otoño del mismo año (443 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Las oscilaciones, encuentran su explicación en la fluctuación entre la precipitación y la evapotranspiración (Huber, 2010).

La riqueza específica de la laguna La Arocena entre agosto 2012 y junio 2013 representó el 48% del número de taxa determinados en 2006 - 2007 (Bazán, 2010). Si bien en el presente estudio, la riqueza específica fue menor, se registraron dieciocho (18) citas nuevas. La variación en la composición específica de la comunidad algal entre ambos períodos de muestreo, con especial énfasis en la disminución de taxa de diatomeas, podría atribuirse al estado eutrófico de la laguna, levemente mayor a la citada por Bazán (2010).

La distribución de las distintas clases algales muestra una alta representación de las clases Chlorophyceae, Cyanophyceae y Bacillariophyceae, acompañadas en menor grado por la ficoflora asociada (Euglenophyceae, Xanthophyceae y Dinophyceae). Estos resultados coinciden con lo expuesto en trabajos realizados por diversos investigadores en cuerpos de agua similares (Bazán, 2010; Huber, 2010; Iparraguirre, 2012; Bazán *et al.*, 2014; Olivera, 2015).

Las clases Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae y Euglenophyceae, estuvieron presentes durante el período de muestreo y el número de taxa de cada una varió para los diferentes sitios. Las clases Xanthophyceae y Dinophyceae se registraron de forma discontinua en el tiempo y espacio, datos que coinciden con el estudio realizado en la

misma laguna para los años 2006 - 2007 (Bazán, 2010). Durante el período muestreado no se registraron floraciones algales.

La estructura básica de la comunidad fitoplanctónica en La Arocena se describe por la mayor riqueza específica de Chlorophyceae durante todo el ciclo anual y en especial durante la primavera. Los organismos del orden Chlorococcales aportaron el principal número de taxones, favorecidos por la escasa conductividad registrada en primavera de 2012 (Reynolds, 2006; Kim, 2013; Bazán *et al.*, 2014). Dentro de las clorofitas, el Orden Chlorococcales constituye un grupo ampliamente representado por organismos unicelulares o en agregados cenobiales de forma definida (Komárek & Fott, 1983). Su reproducción es extensiva, desde la primavera hasta el otoño, de tal forma que brindan al agua su color verde característico (Hindák, 1977). Son utilizados como indicadores biológicos de calidad del agua, puesto que proporcionan información de contaminación, sus consecuencias y posible efecto tóxico e incluso, brindan información sobre el contenido de nutrientes acumulados en el medio acuático (Comas, 1996; Bortolini *et al.*, 2010). Su distribución cosmopolita, el gran número de especies y variedades morfológicas le confieren gran importancia en ambientes leníticos, pues estos sitios presentan condiciones adecuadas para el desarrollo, comportándose de esta manera, como un importante grupo bioindicador (Komárek & Fott, 1983; Comas, 1996; Bazán *et al.*, 2014).

En el presente estudio se registró una alta frecuencia (60-85%) de pocas especies tales como *Tetraedron minimum*, *Coelastrum astroideum* y *Scenedesmus spinosus* organismos que se encuentran especialmente en aguas eutróficas e hipertróficas (Reynolds, 2006; Bellinger & Sigee, 2010; Kim, 2013) tales como las de La Arocena.

El género con mayor número de especies fue *Scenedesmus*, donde *S. arcuatus*, *S. obtusus*, *S. opoliensis* y *S. spinosus* se registraron en todas las estaciones del año. Su presencia es indicadora de elevada disposición de nutrientes en el cuerpo de agua (Bellinger & Sigee, 2010)

Los 30 taxones registrados dentro de la clase Cyanophyceae representaron el 23% de las especies determinadas durante el ciclo de muestreo. El orden Hormogonales presentó una riqueza específica total de 16 taxa, donde los organismos heterocistados fijadores de nitrógeno atmosférico se igualaron a los hormocistados. En el Orden Chroococcales, *Microcystis aeruginosa*, fue la especie de mayor frecuencia relativa (40%) y es típica de ambientes eutrofizados (Lampert & Sommer, 2007; Bazán *et al.*, 2014).

Se registró la presencia de especies de *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Anabaenopsis*, *Microcystis*, *Phormidium* y *Planktothrix*, consideradas como potenciales agentes de floraciones que conducen a un deterioro de la calidad de agua (Gianuzzi, 2009; Lee, 2018). Sería conveniente que este grupo sea monitoreado por quienes desarrollan sus actividades en estos tipos de humedales (Bellinger & Sigee, 2010).

Las diatomeas poseen preferencias y tolerancias ecológicas que las convierten en útiles indicadores ambientales. Estas preferencias se relacionan con una importante sensibilidad a la calidad del agua (Bellinger & Sigee, 2010). De la flora diatomológica en la laguna La Arocena, las formas pennadas se presentaron en igual número que las formas céntricas. Dentro de este último grupo, *Melosira ambigua* fue la especie de mayor frecuencia relativa (55%). Su presencia es característica en aguas de pH alcalino, de conductividad moderada y amplios rangos de saprobiedad (Bazán, 2010).

La disminución de la riqueza específica de la flora diatomológica en 2012-2013 (30 taxa) quedó en evidencia al compararla con los resultados presentados para la misma laguna en el período 2006-2007 de 80 taxa (Bazán 2010), en donde los valores de conductividad registrados fueron más bajos.

El análisis de agrupamiento de Bray & Curtis (1957) determinó una similitud de la comunidad algal de la laguna La Arocena durante el período muestreado entre 29.78 y 57.77%. El menor grado de similitud obtenido separa la primavera Sur del resto. Para esta estación del año se registró la mayor precipitación, el sitio Sur quedó en contacto con el área de rebalse y las diatomeas se encontraron ausentes. Este grupo taxonómico se caracteriza por responder rápidamente a los cambios ambientales (Rojo & Álvarez-Cobellas *et al.*, 1994; Martínez de Fabricius *et al.*, 2007). El mayor grado de similitud se da entre la primavera de los sitios Este y Oeste donde el número de especies en las clases algales presenta escasa variación.

Los indicadores biológicos se definen como especies o comunidades que por su presencia proporcionan información sobre el entorno físico o químico de un sitio en particular (Bellinger & Sigee, 2010). El uso de una sola especie como indicadora de calidad de agua no es confiable ya que las especies en general muestran un alto grado de variación en el espacio y el tiempo debido a factores bióticos y abióticos por lo que es recomendable el uso de comunidades de organismos (Lobo, 1988). Un hábitat determinado estará dominado por las poblaciones que encuentren las condiciones medioambientales más favorables para su crecimiento, por lo cual especies resistentes a la contaminación dominan

en hábitat degradados y otras no resistentes en condiciones de aguas no contaminadas (Peña *et al.*, 2005; Almeyda *et al.*, 2018).

En la caracterización biológica de la laguna La Arocena, mediante la aplicación del índice de saprobiedad de Pantle & Buck (Schwoerbel, 1975) se obtuvo un valor $S= 2.39$ que la ubica dentro del rango β -mesosapróbico de aguas con contaminación moderada. Bazán (2010) para estudios realizados en los años 2006 – 2007 en la misma laguna, indica un valor de saprobiedad algo menor: $S= 2.16$, también dentro del rango β -mesosapróbico.

El grado de eutrofización de la laguna La Arocena obtenido al aplicar los índices de Nygaard (1949) de Cianofitas (2.5); Clorofitas (5) y Compuesto (8.58) indican aguas eutrofizadas para el período considerado, que coincide con los resultados de estudios previos (Bazán, *et al.*, 2018).

Las diatomeas suelen constituir una fracción importante del fitoplancton lacustre (Margalef, 1983). El índice de Diatomeas obtenido para La Arocena fue de 0.88 que indica aguas oligotróficas. Nygaard (1949) asumió que las diatomeas céntricas se hallan en aguas eutróficas, mientras que muchas diatomeas pennadas no pueden tolerar niveles altos de nutrientes y, por ello, son consideradas como de aguas oligotróficas. En estudios realizados por Echaniz *et al.* (2014) los valores de clorofila y nutrientes para el año 2007 caracterizan a la Laguna La Arocena como hipertrófica. Teniendo en cuenta estos resultados y los obtenidos en estudios anteriores por Bazán (2010) y Bazán *et al.* (2018) puede considerarse que el índice de Diatomeas es el que menos se ajusta para este tipo de lagos someros.

9. CONCLUSIONES

- Se determinaron 131 taxa, perteneciente a las clases Cyanophyceae (30), Chlorophyceae (77), Bacillariophyceae (15) y 9 taxones pertenecientes a las clases acompañantes.
- La estructura de la comunidad ficológica es característica de lagunas eutrofizadas: alta riqueza de Chlorophyceae, seguida de Cyanophyceae y Bacillariophyceae
- Del total de especies citadas, 18 son nuevos registros para la laguna La Arocena: *Anabaena sphaerica* Bornet & Flahault, *Aphanizomenon gracile* Lemmermann, *Oscillatoria pseudogeminata* G. Schmid, *Phormidium frigidum* Fritsch, *Lagerheimia citrifoemis* (Snow) Collins, *L. subsalsa* Lemmermann, *Cosmarium isthmochondum* Nordstedt, *Euastrum dubium* Nageli, *Pandorina morum* (Müller) Bory, *Pediastrum biradiatum* Meyen, *Staurastrum tectum* Borge, *S. manfeldtii* Delp, *Tetraedron pentaedricum* W. & G.S. West., *Cyclotella glomerata* Bachmann, *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg, *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) Müller, *Phacus stokesii* Lemmermann y *P. pseudonordstedtli* var. *pseudonordstedtli* Pochmann.
- Se registró la mayor diversidad de ficoflora en primavera de 2012 y verano de 2013, que coincide con temperatura y pH óptimo del agua para la reproducción de las especies algales más frecuentes.
- Las clorofitas *Tetraedron mínimum*, *Coelastrum astroideum* y *Scenedesmus spinosus*, registrados en forma frecuente, son especies típicas de aguas eutróficas e hipertróficas.
- Se identificó a las cianofíceas *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaenopsis arnoldii*, *Microcystis aeruginosa*, *M. flos-aquae* y *Planktothrix agardhii*, que suponen un riesgo para los organismos que habitan la laguna, pues en floración, tienen la capacidad de producir toxinas.
- En comparación con estudios anteriores en La Arocena, se registró una disminución de la riqueza específica, en particular de la clase Bacillariophyceae, cuyas especies son muy sensibles a los cambios ambientales.
- La saprobiedad, estimada mediante el índice de Pantle & Buck categoriza a la laguna La Arocena como β -mesosapróbica de aguas moderadamente contaminadas y con valores levemente mayores a los registrados en estudios anteriores.
- La aplicación de los índices de Nygaard de Cianofitas, Clorofitas y Compuesto indican para la Laguna aguas eutrofizadas.

- El desarrollo del presente trabajo permitió aceptar las hipótesis planteadas al corroborar que la composición y distribución del fitoplancton en el período 2012 - 2013 en la laguna La Arocena se modificó respecto a estudios anteriores.

10. BIBLIOGRAFÍA CITADA

ALMEYDA, M.D.; BAZÁN, G.I; GALEA, M.J. (2018). Biodiversidad Algal y estado trófico de un humedal pampeano. Laguna Pichi Luan (La Pampa, Argentina). Editorial Académica Española. 59pp.

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

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

ÁLVAREZ, S.B.; BAZÁN. G.I. & WENZEL, M.T. (2000). Hormogonales (Cyanophyta) de la laguna El Guanaco (Prov. De La Pampa), Argentina. Darwiniana, 38 (3-4): 279-284.

ÁLVAREZ, S.B.; BAZÁN G.I. & E.R. PARODI. (2003). Dinámica de una proliferación masiva algal en el Bajo Giuliani, reservorio final de las aguas residuales de Santa Rosa, La Pampa. Suplem. Bol. de la Soc. Arg. de Bot., 38: 117.

ÁLVAREZ, S.B.; BAZÁN G.I & PARODI. E.R. (2004). Ficoflora del Reservorio final de aguas residuales de Santa Rosa (La Pampa, Argentina). Cyanophyta y Chorophyta (Tetraselmiales, Volvocales y Chlorococcales). Bol. Soc. Arg. Bot., 39 (1-2): 277-293.

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., WENZEL M.T. & ÁLVAREZ S.B. (1996). Chroococcales, Chamaesiphonales (Cyanophyta) de la Laguna del Guanaco, La Pampa (Argentina). VI Jornadas Pampeanas de Cs. Naturales, Santa Rosa: 8. De Libro de resúmenes de la 6° jornada., pampeanas de Ciencias Naturales.

BAZÁN, G.I., ÁLVAREZ S.B., MARTIN M.C. & BERNARDOS J. (2002). Análisis de la taxocenosis de la ficoflora de la Laguna El Ojo de Agua, Uruburu, La Pampa, Argentina. Resumen <http://www.ilpla.edu.ar/eventos.htm>.

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

BAZÁN, G.I. & ÁLVAREZ S.B. (2004). Estudio Preliminar de la ficoflora (Algas) de los bañados del Atuel. <http://www.alihuen.org.ar/proyectos/proyecto>.

BAZÁN, G.I., ÁLVAREZ S.B., MARTIN M.C. & BERNARDOS J. (2004). Análisis de la taxocenosis de la ficoflora de la Laguna El Ojo de Agua, Uruburu, La Pampa, Argentina. *Biología Acuática*, 20: 1-5.

BAZÁN G., ALMEYDA D., OLIVERA L. & ORIANI B. (2014). Biodiversidad fitoplanctónica en tres Lagunas Someras de La Provincia de La Pampa, Argentina. *Biología Acuática*, 30:47-57.

BAZÁN, G. I., GALEA, M.J., & BIASOTTI, A.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. Secretaría de Recursos Hídricos.

BELLINGER, E.G & SIGEE. D.C. (2010). *The freshwater algae. Identification and use as bioindicators.* Wiley-Blackwell Ed. 210 pp.

BORTOLINI, J.C.; BIOLO, S.; BUENO, N.C.; GODINHO L.R. & POTT. V.J. (2010). Chlorococcales sensu lato (Chlorophyceae) em tanques de depuração de efluente de origem bovina no Mato Grosso do Sul, Brasil. *Iheringia, Serie Botanica*, 65 (1): 63-74.

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. pp. 1-438.

BOURRELLY, P. (1970). Les algues d'eau douce, initiation a la systématique. Tome III: Les Algues bleues et rouges. Les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Editions N. Boubée Cie. pp. 1-512.

BOURRELLY, P. (1972). Les algues d'eau douce, initiation a la systématique. Tome I: Les Algues Vertes, Editions N. Boubée Cie. pp. 1-572.

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

CANEVARI, P., D. E.; BLANCO, E. H.; BUCHER, G. & CASTRO E I. DAVIDSON (EDS). (1998). Los Humedales de la Argentina: Clasificación, Situación Actual, Conservación y Legislación. Wetlands International Publ. 46, Buenos Aires, Argentina. 208 pp.

CANO, E.; G. CASAGRANDE; H. CONTI; J. SALAZAR LEA PLAZA; C. PEÑA ZUBIATE; D. MALDONADO PINEDO; H. MARTINEZ; C. SCOPPA; B. FERNÁNDEZ; M. MONTES; J. MUSTO & PITTALUGA. A. (1980). Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. INTA, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Pcia. de L.P., Fac. de Agron. UNLPam. Bs. As. 493 pp.

COLE, G.A. (1988). Manual de Limnología. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 405 pp.

COMAS, A. (1996). Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba. J. Cramer. (Bibliotheca Phycologica, Band 99) J. Cramer, Stuttgart, 265 pp.

DESIKACHARY, T.V. (1959). Cyanophyta. 686 pp. 139 lám. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research.

ECHANIZ, S. A., CABRERA, G.C. & VIGNATTI, A. M. (2014). El Zooplancton de Tres Lagos con Influencia Urbana de La Pampa (Argentina) y su Relación con la Transparencia del Agua. IV Congreso Pampeano del Agua: 55-67. Secretaría de Recursos Hídricos. ISBN 978-987-27265-3-9.

FRENCH, R. H; COOPER, J.J. & VIGG, S. (1982). Secchi disc relationships. *Water Res. Bull.*, 18:121-123.

GIANUZZI, L. (2009). *Cianobacterias y Cianotoxinas. Identificación, Toxicología, Monitoreo y Evaluación de Riesgo*. Instituto Correntino del Agua y Administración de Obras Sanitarias de Corrientes. Moglia S.R.L., Corrientes, Argentina. 237pp.

HINDÁK, F. (1977). Studies on the chlorococcal algae (Chlorophyceae). I. *Biologicke Práce*, 23: 1-192.

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

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

IPARRAGUIRRE, J. (2012). *Distribución espaciotemporal del fitoplancton en una laguna del sur de Córdoba y su relación con las variables ambientales*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Río Cuarto. 146 pp.

KIM, Y.J. (2013). Taxonomic and Ecological Study of the Families Hydrodictyaceae and Coelastraceae, Order Chlorococcales and Class Chlorophyceae in Korea. *Journal of Ecology and Environment*, 36 (4): 421-437.

KOMÁREK, J. & FOTT, B. (1983). *Systematik und Biologie. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. Die Binnengewässer. Das Phytoplankton des Süßwasser. von Huber-Pestalozzi. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart. Germany. 1044 pp.*

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

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

LAMPERT W. & SOMMER U. (2007). Limnoecology. Second Edition. Oxford University Press. 324 pp.

LAWS, E.A. (1993). Aquatic Pollution. An Introductory Text. 2° Ed. John Wiley & Sons, INC. 611 pp.

LEE, R. E. (2018). Phycology. Cambridge University Press. 547pp. 4 edición.

LOBO, E. (1988). Utilización de las diatomeas (Bacillariophyceae) para la evaluación de la calidad de las aguas de ríos. IV Congreso interamericano sobre el medio ambiente. Volumen 1. 169-174 pp.

MARGALEF, I. (1983). Limnología. Ed. Omega, Barcelona 1003 pp.

MARTÍNEZ DE FABRICIUS, A., LUQUE, M., LOMBARDO, D., BRUNO, E. (2007). Potamoplancton en la cuenca media del río Cuarto (Córdoba, Argentina). *Limnética*, 26 (1): 25 – 38.

MCALEECE, N., LAMSHEAD, J. & PATTERSON, G. (1997). BioDiversity Professional. The Natural History Museum and The Scottish Association For Marine Science. <http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro>.

MEDUS, N.B., CAZENAVE, H. & HERNÁNDEZ, R.O. (1982). Geografía de La Pampa. Ed. Extra. 149 pp.

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

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

OLIVERA, L. (2015). Estudio de la biodiversidad algal y determinación de la calidad de agua y estado trófico en la laguna Ea. Ansín, Provincia de La Pampa (Argentina). Tesis de grado. Universidad Nacional de La Pampa. 66 pp.

OSPINA, N. & PEÑA, E. (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 de Santiago de Cali.

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

PATRICK, R. & REIMER, C.W. (1966). The Diatoms of the United States exclusive Alaska and Hawaii. Volume 1. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 13: 1- 688 pp, 64 lam.

PATRICK, R. & REIMER. C.W. (1975). The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Volume. 2. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia , 13: 1-213 pp, 28 lam.

PEÑA SALAMANCA, E. J., PALACIOS PEÑARALDA, M.L.; OSPINA ÁLVAREZ, N. (2005). Algas como indicadores de contaminación. Universidad del Valle. Calí, Colombia. 164 pp.

PRESCOTT, G.W. (1951). Algae of the Western Great Lakes Area. 946 pp. N.M.C. Brown Co. Inc.

PRIMACK, R.; ROZZI, R.; FEINSINGER, P.; DIRZO, R.; & MASSARDO, F. (2001). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas latinoamericanas. Ed. Fondo de CulturaEconómica.797pp.

REYNOLDS, C.S. (2006). *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press New York, 535 pp.

RICKLEFS R. (1998). *Invitación a la ecología: La economía de la naturaleza*. Ed. Médica Panamericana. Madrid. 692 pp.

ROLDÁN PÉREZ, G. & RAMÍREZ RESTREPO, J.J. (2008). *Fundamentos de Limnología neotropical*. Ed. Universidad de Antioquia. 440 pp.

ROJO, C. & ÁLVAREZ-COBELAS, M. (1994). Taxonomy and ecology of phytoplankton in a hypertrophic, gravel-pit lake. III. Diatomophyceae. *Arch. Hydrobiol. Supp. UAlgol. Stud.* 72:53-70.

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

SOSNOVSKY A. & QUIRÓS R. (2006). El estado trófico de pequeñas lagunas pampeanas, su relación con la hidrología y el uso de la tierra. *Ecología Austral*, 16:115-124.

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

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

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2003). *WATER FOR PEOPLE, WATER FOR LIFE*. Executive Summary of the United Nations World Water Development Report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris and Berghahn Books, Oxford.

VIGNATTI A., ECHANIZ S., RAMOS D., PILATI A., BAZÁN G. (2009). Producción primaria fitoplanctónica de un lago somero turbio orgánico en relación con el zooplancton (La Pampa, Argentina). *Biología acuática* 26: 217-227.