

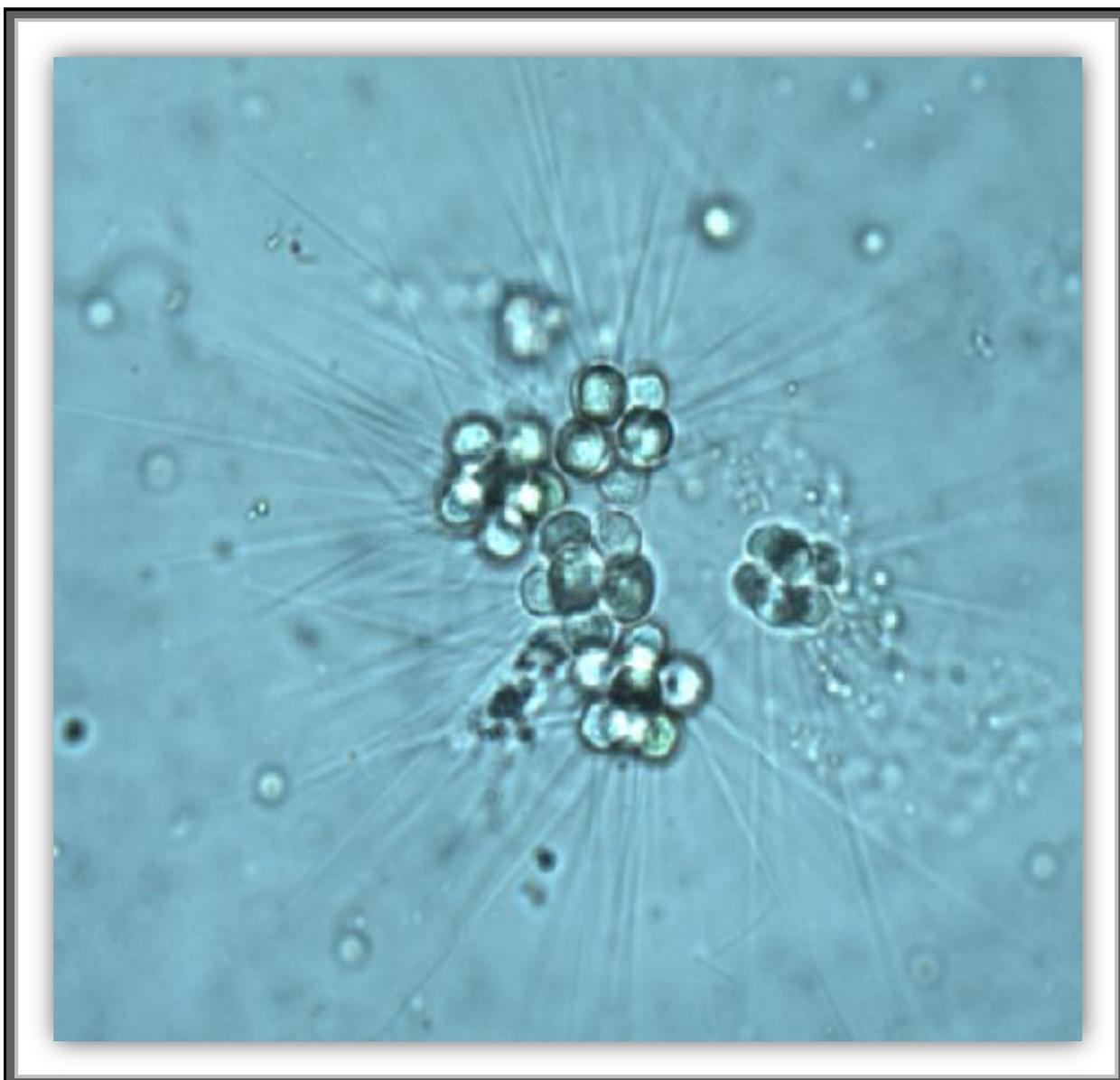
**LA PAMPA**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

**“CARACTERIZACIÓN ALGAL EN LAGUNAS FINALES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE  
EFLUENTES CLOACALES DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA”**

**INFORME FINAL**

**NOVIEMBRE 2015**



**BIÓLOGA SANDRA DIVÁN**

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
I-ESTUDIOS PRELIMINARES .....	2
1-Las algas como organismos bioindicadores .....	2
2-Estudios realizados en la Provincia de La Pampa .....	4
3-Descripción de los lugares de estudio .....	5
4-Selección de puntos de muestreo .....	6
5-Apoyo técnico .....	10
II-ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS .....	10
III-DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAGUNAS FINALES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES CLOCALES .....	11
1-Situación algal teórica .....	11
2-Muestreo .....	11
3-Resultados .....	12
IV-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES DEL PROYECTO .....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45
ANEXO: FOTOGRAFÍAS .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos del muestreo de verano en Laguna de estabilización (General Acha). .....	12
Tabla 2. Datos del muestreo de verano en Laguna secundaria (Macachín). .....	12
Tabla 3. Total de taxa identificados en todos los puntos de muestreo. X: indica presencia de la especie en el sitio. ....	13
Tabla 4. Datos del muestreo de Otoño en Laguna de estabilización (General Acha). .....	20
Tabla 5. Datos del muestreo de Otoño en Laguna secundaria (Macachín). .....	20
Tabla 6. Total de taxa identificados en todos los puntos de muestreo. X: indica presencia de la especie en el sitio. ....	21
Tabla 7. Datos del muestreo de Invierno en Laguna de estabilización (General Acha). .....	28
Tabla 8. Datos del muestreo de Invierno en Laguna secundaria (Macachín). .....	28
Tabla 9. Total de taxa identificados en todos los puntos de muestreo. X: indica presencia de la especie en el sitio. ....	29
Tabla 10. Datos del muestreo de Primavera en Laguna de estabilización (General Acha). .....	32
Tabla 11. Datos del muestreo de Primavera en Laguna secundaria (Macachín). .....	32
Tabla 12. Total de taxa identificados en todos los puntos de muestreo. X: indica presencia de la especie en el sitio. ....	33
Tabla 13. Algas encontradas en lagunas finales de General Acha. ....	36
Tabla 14. Algas encontradas en lagunas finales de Macachín. ....	37
Tabla 15. Índices de Diversidad de Shannon y Saprobiidad (General Acha). .....	39
Tabla 16. Índices de Diversidad de Shannon y Saprobiidad (Macachín). .....	39

Tabla 17. Parámetros Físico-químicos (General Acha). .....	41
Tabla 18. Parámetros Físico-químicos (Macachín).....	41
Tabla 19. Diversidad y DBO (General Acha). .....	42
Tabla 20. Diversidad y DBO (Macachín).....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Mapa de la Provincia de La Pampa donde se señalan con un círculo las localidades de General Acha y Macachín. ....	5
Fig. 2. Imágen Satelital donde puede observarse la localidad de General Acha (derecha) y su Planta de tratamiento de efluentes cloacales (izquierda). Fuente: Google earth. ....	6
Fig. 3. Imágen Satelital donde puede observarse la localidad de Macachín (derecha) y su Planta de tratamiento de efluentes cloacales (izquierda). Fuente: Google earth. ....	6
Fig. 4. Imágen Satelital del Sistema lagunar de General Acha. Fuente: Google earth.....	7
Fig. 5. Imágen Satelital del Sistema lagunar de Macachín. Fuente: Google earth. ....	7
Fig. 6. Diseño del Sistema Lagunar de la Planta de Tratamiento de efluentes cloacales de General Acha. Las X señalan los puntos de muestreos seleccionados.....	8
Fig. 7. Laguna de estabilización de General Acha. ....	9
Fig. 8. Diseño del Sistema Lagunar de la Planta de Tratamiento de efluentes cloacales de Macachín. Las X señalan los puntos de muestreos seleccionados.....	9
Fig. 9. Laguna secundaria de Macachín. ....	10
Fig. 10. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso del efluente a la laguna final- General Acha, Verano).....	14
Fig. 11. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (salida del efluente de la laguna final- General Acha, Verano).....	14
Fig. 12. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final- General Acha, Verano).....	15
Fig. 13. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final- General Acha, Verano).....	15
Fig. 14. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final- General Acha, Verano).....	16
Fig. 15. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (salida del efluente de la laguna final- General Acha, Verano).....	16
Fig. 16. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso del efluente a la laguna final- Macachín, Verano). ....	17
Fig. 17. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (salida del efluente de la laguna final- Macachín, Verano). ....	17
Fig. 18. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final- Macachín, Verano). ....	18
Fig. 19. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final- Macachín, Verano). ....	18

Fig. 20. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Verano). .....	19
Fig. 21. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Verano). .....	19
Fig. 22. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso del efluente a la laguna final-General Acha, Otoño).....	21
Fig. 23. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (salida del efluente de la laguna final-General Acha, Otoño).....	22
Fig. 24. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-General Acha, Otoño).....	23
Fig. 25. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-General Acha, Otoño).....	23
Fig. 26. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final-General Acha, Otoño).....	24
Fig. 27. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (salida del efluente de la laguna final-General Acha, Otoño).....	24
Fig. 28. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Otoño).....	25
Fig. 29. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Otoño).....	25
Fig. 30. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Otoño).....	26
Fig. 31. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Otoño).....	26
Fig. 32. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Otoño).....	27
Fig. 33. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Otoño).....	27
Fig. 34. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso y salida del efluente de la laguna final-Macachín, Invierno). .....	29
Fig. 35. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Invierno). .....	30
Fig. 36. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Invierno). .....	30
Fig. 37. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Invierno). .....	31
Fig. 38. Aporte de células por División, expresado en porcentaje (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Invierno). .....	31
Fig. 39. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso y salida del efluente de la laguna final-Macachín, Primavera). .....	33
Fig. 40. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Primavera). .....	34
Fig. 41. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Primavera). .....	34
Fig. 42. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Primavera). .....	35

Fig. 43. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Primavera). .....	35
Fig. 44. Agrupamiento de muestras.....	40
Fig. 45. Parámetros Físico-químicos (General Acha). .....	41
Fig. 46. Parámetros Físico-químicos (Macachín).....	42
Fig. 47. Diversidad y DBO (General Acha). .....	43
Fig. 48. Diversidad y DBO (Macachín). .....	43

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población humana en el último siglo, producto de los avances científicos y tecnológicos que han conllevado a una mejor calidad de vida, reflejado en altas tasas de reproducción y aumento en la longevidad de las personas, si bien significa una evolución para nuestra especie, tienen una repercusión negativa a nivel ecosistémico. La utilización desmedida de recursos naturales y su contaminación, sin la regulación y control correspondientes que signifiquen un manejo sustentable de los mismos, sólo puede resultar a mediano plazo en un planeta corrompido y devastado, sin posibilidad de resiliencia.

El presente estudio tuvo como objetivo realizar a lo largo de diferentes períodos estacionales del año, una caracterización de las comunidades algales presentes en las lagunas finales de plantas de tratamiento de efluentes cloacales de las localidades de General Acha y Macachín, Provincia de La Pampa. Dichos organismos se constituyen como buenos indicadores del estado trófico de los ecosistemas acuáticos, ya que responden a los disturbios ocurridos modificando su estructura en cuanto a composición y abundancia (Pérez Hechavarría, et al., 2003).

Se identificaron en total 23 especies de algas, siendo la División Chlorophyta la que presentó mayor riqueza de especies, seguida en orden decreciente por Euglenophyta, Chromophyta y Cyanophyta. La División Chlorophyta también mostró superioridad en cuanto a abundancia relativa, seguida en este caso por Euglenophyta, Cyanophyta y Chromophyta. Las muestras de General Acha mostraron mayor diversidad con respecto a Macachín en las estaciones de verano y otoño, mientras en invierno y primavera fue nula para General Acha, y muy baja para Macachín. Las lagunas de ambas localidades fueron caracterizadas como  $\alpha$  y  $\beta$ -saprobias. Existe una clara estacionalidad del fitoplancton, cuyos cambios se encuentran influidos por distintas variables.

La importancia de conocer la diversidad algal presente en diferentes clases de lagunas (naturales o artificiales, prístinas o contaminadas) reside en poder estudiar y saber cuáles son los factores que determinan la presencia de cada una de ellas en un lugar y momento específico. De esta manera, conocer la composición de una comunidad algal, puede ser utilizado para tener una idea del grado de polución que tiene un cuerpo de agua.

## I-ESTUDIOS PRELIMINARES

### **1-Las algas como organismos bioindicadores**

Se consideran especies bioindicadoras a aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos). En general, cuando más estenoica sea la especie en cuestión, es decir, cuando más estrechos sean sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico. Las especies bioindicadoras deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico (Ospina Alvarez & Peña, 2004).

La utilización de organismos vivos como indicadores de contaminación es una técnica bien reconocida. La composición de una comunidad de organismos refleja la integración de las características del ambiente sobre cierto tiempo (Novoa, et al., 2011), y por eso revela factores que operan de vez en cuando y pueden no registrarse en uno o varios análisis físico químicos repetidos (Poulicková, et al., 2004). La presencia de ciertas especies es una indicación relativamente fidedigna de que durante su ciclo de vida la polución no excedió un umbral. Muchos organismos, sumamente sensibles a su medio ambiente, cambian aspectos de su forma, desaparecen o, por el contrario, prosperan cuando su medio se contamina (Pérez Hechavarría, et al., 2003). Algas, bacterias, protozoos, macroinvertebrados y peces son los más usados como indicadores de contaminación acuática.

Las algas son un grupo heterogéneo de organismos de linajes filogenéticos diferentes. Comprenden organismos microscópicos y macroscópicos con representantes procariotas y eucariotas, e incluyen una gran gama de niveles de organización abarcando desde formas unicelulares hasta formas compuestas por verdaderos tejidos. Son fundamentalmente acuáticas, pudiendo vivir en aguas dulces y saladas. También pueden ocupar otros hábitats como el suelo o sobre las rocas, corteza de árboles e incluso la nieve. Las algas presentan características bioquímicas diferentes, como pueden ser sus pigmentos, naturaleza de sus reservas alimenticias, los componentes de la pared celular, entre otros. Como organismos autótrofos son sumamente importantes en la producción energética global, siendo responsables en la captación de energía lumínica en los sistemas acuáticos y de la productividad primaria que genera la materia orgánica disponible para los consumidores. De manera muy general existen dos tipos de reproducción algal: asexual y sexual. Si bien existen grupos que se reproducen solo asexualmente (algas procariontes), la mayoría de las algas eucariontes alternan la reproducción sexual y asexual a lo largo de su ciclo de vida. (Curtis & Barnes, 2000).

Las algas se clasifican en las siguientes divisiones: División Cyanophyta, División Euglenophyta, División Dinophyta, División Chromophyta (Chromista), División Rhodophyta, División Chlorophyta.

División Cyanophyta: las Cianofíceas, Cyanobacterias o algas verde-azules, comprenden organismos procariotas, cuyas formas de organización pueden ser de tipo unicelulares, coloniales, filamentosos y pseudoparenquimáticas. Pueden estar rodeados de vainas mucilaginosas. Presentan clorofila a, y otros pigmentos fotosintéticos como ficocianina (azul), ficoeritrina (rojo) y algunas xantofilas. Este grupo se caracteriza por la presencia de heterocistos, estructuras especializadas en la fijación de nitrógeno (N), y acinetos, estructuras vegetativas que acumulan sustancias de reserva (almidón de cianofícea, granos de cianoficina). Son cosmopolitas, encontrándose tanto en ambientes acuáticos (agua dulce o salada) como terrestres (suelos húmedos, troncos muertos, cortezas de árboles). Se reproducen asexualmente. Algunas cianobacterias pueden producir toxinas citotóxicas (dañan las células), hepatotóxicas (afectan el hígado), dermatotóxicas (afectan la piel), neurotóxicas (afectan al sistema nervioso), fenómeno que adquiere importancia cuando se presenta una floración algal, consecuencia de condiciones favorables de temperatura y aumento de nutrientes como el fósforo.

División Euglenophyta: los euglenófitos son organismos unicelulares, conocidos como algas flageladas verdes, la mayoría de los cuales viven en ambientes acuáticos de agua dulce, con elevada materia orgánica. Son eucariotas, carecen de verdadera pared celular y están rodeadas por una película flexible (periplasto). Presentan clorofila a y b. Están dotadas de flagelos y poseen una mancha ocular que actúa como captadora de luz. Presentan como sustancia de reserva, paramylon, grasas y aceites. Se reproducen asexualmente.

División Dynophyta: organismos principalmente unicelulares, la mayoría de los cuales son formas marinas. Habitualmente tienen dos flagelos, y presentan una pared de celulosa rígida (teca), aunque también existen formas desnudas. Presentan clorofila a y c, beta-caroteno y varias xantofilas. Muchos son bioluminiscentes y suelen ser de color rojo. Son responsables de las mareas rojas en las que mueren miles de peces a causa de grandes florecencias de dinoflagelados rojos que producen neurotoxinas. Como sustancia de reserva cuentan con almidón, y su reproducción puede ser sexual o asexual según la especie.

División Chromophyta: son algas eucariotas, pueden ser unicelulares fijas o libres, coloniales, filamentosas simples o ramificadas. La mayoría planctónicas, de agua dulce o salada. Presentan pared celular celulósica que pueden estar o no impregnadas por sales de sílice. Su material de reserva son polisacáridos, crisolaminarina y lípidos. La reproducción puede ser sexual o asexual. Esta división comprende a las diatomeas, organismos ampliamente estudiados y utilizados como bioindicadores.

División Rhodophyta: los rodófitos se reconocen por su coloración rojiza, debida a pigmentos ficobilínicos (ficoeritrina) que le confieren su color, junto con ficocianina, clorofila y xantofilas. Sus formas de vida se presentan como filamentos unicelulares, simples o ramificados, hasta estructuras que forman pseudotejidos. La sustancia de reserva es el almidón de florídeas

(parecido al glucógeno). Habitan costas tropicales y subtropicales, y también están presentes en agua dulce como organismos bentónicos. Se reproducen sexual y asexualmente.

División Chlorophyta: las clorófitas o algas verdes son las más diversas de todas las algas. Son organismos eucariontes, cuyas formas pueden ser unicelulares libres o en colonias, y multicelulares. La mayoría son acuáticas (agua dulce y salada), aunque también las hay terrestres (en troncos de árboles, en superficie de fusión de la nieve, etc), y simbioses de varios organismos. Contienen clorofilas a y b, y beta caroteno. Almacenan alimentos como almidón. La reproducción puede ser asexual o sexual. Se las considera predecesoras de las plantas verdes terrestres.

En los últimos años, las algas se han utilizado como bioindicadoras de las condiciones ecológicas de diferentes ecosistemas acuáticos, gracias a la gran diversidad que comprende este grupo donde un importante porcentaje de las mismas son habitantes de aguas dulces y saladas (Seeligmann, et al., 2001). Estos organismos presentan ciclos de vida cortos, lo que permite analizar el comportamiento de distintas generaciones ante cambios bruscos en el ambiente. Cada especie posee condiciones ecológicas determinadas para poder vivir, y presentan diferentes rangos de sensibilidad a parámetros ambientales a los que están expuestos. Por todo ello, el estudio de los rangos de dichos parámetros dentro de los cuales cada especie puede sobrevivir, así como también el estudio de cómo se encuentran conformadas las comunidades de algas de distintos hábitats, ayudan a poder ver de manera inmediata los cambios (positivos o negativos) que sufre cada ecosistema (Luque & Martínez de Fabricius, 2003), con lo cual se pretende utilizar esta información como indicadora de distintas situaciones que pueden ser prevenidas o mitigadas.

## **2-Estudios realizados en la Provincia de La Pampa**

Los primeros estudios ficológicos en La Pampa fueron realizados de forma esporádica en la década del 70 por Kühnemann y Ventrice, y luego de forma continua a partir de los años '90 por investigadores de la Universidad Nacional de La Pampa (Bazán, et al., 2011). Dichos estudios han sido realizados en distintas lagunas que forman parte de nuestros recursos hídricos superficiales, tales como La Arocena, Departamento Maracó (Bazán, et al., 2011), El Guanaco, Departamento Conhelo (Alvarez, et al., 2000), Bajo Giuliani, Departamento Capital (S.R.H, et al., 2014), Don Tomás, Departamento Capital (Alvarez, et al., 2009), Ojo de Agua, Departamento Catriló (Bazán, et al., 2003), La Querencia, Departamento Catriló (Biasotti, 2000), La Brava, Departamento Curacó (Alvarez & Bazán, 2010), La Amarga, Departamento Curacó (Maidana & Romero, 1995), entre otras. Sin embargo no se han encontrado trabajos realizados en plantas de tratamientos cloacales, como es el caso en estudio. Los resultados de dichas investigaciones previas dentro de nuestra provincia, serán relacionados más adelante con los obtenidos en el presente estudio, para poder determinar si existen similitudes y/o diferencias entre los mismos.

### 3-Descripción de los lugares de estudio

En el presente proyecto se ha delimitado el objeto de estudio a las lagunas finales de las plantas de tratamiento cloacales pertenecientes a las localidades de General Acha y Macachín (Fig. 1).



Fig. 1. Mapa de la Provincia de La Pampa donde se señalan con un círculo las localidades de General Acha y Macachín.

La localidad de General Acha (Depto. Utracán) se encuentra ubicada a 107 km al suroeste de Santa Rosa, en el área centro-este de la Provincia de La Pampa (Argentina). La temperatura media anual promedio es de 15°C y la precipitación media anual promedio es de 554,8 mm al año (Fuentes: Policía de La Pampa; Administración Provincial del Agua; Servicio Meteorológico Nacional). La Planta de tratamiento de efluentes cloacales de esta ciudad se encuentra fuera del ejido urbano, aproximadamente a 4 km, en un predio de 12 ha (Fig. 2).



Fig. 2. Imágen Satelital donde puede observarse la localidad de General Acha (derecha) y su Planta de tratamiento de efluentes cloacales (izquierda). Fuente: Google earth.

La localidad de Macachín (Depto. Atreucó) se encuentra ubicada a 115 km al sureste de Santa Rosa, en el área sudeste de la provincia de La Pampa (Argentina). La temperatura media anual promedio es de 15,1°C y la precipitación media anual promedio es de 663,4mm por año (Fuentes: Policía de La Pampa; Administración Provincial del Agua; Servicio Meteorológico Nacional). La planta de tratamiento de aguas servidas de la localidad de Macachín también se encuentra fuera del ejido urbano, aproximadamente a unos 5 km (Fig. 3).

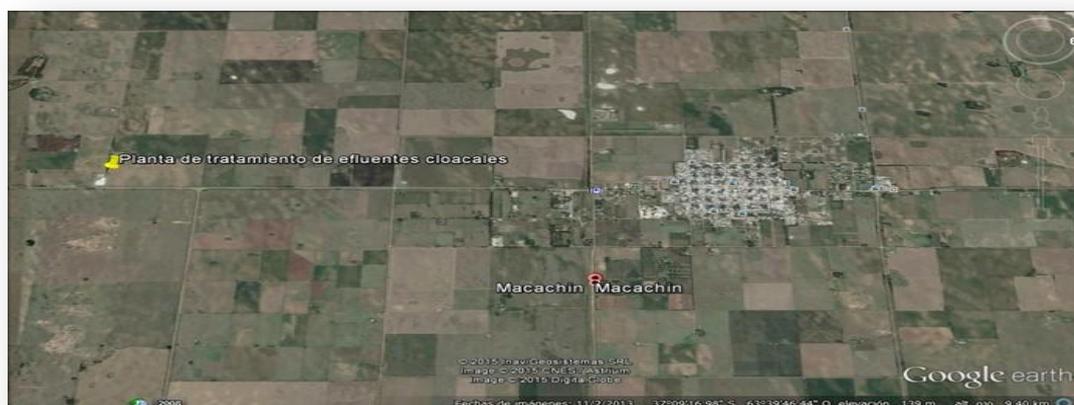


Fig. 3. Imágen Satelital donde puede observarse la localidad de Macachín (derecha) y su Planta de tratamiento de efluentes cloacales (izquierda). Fuente: Google earth.

#### **4-Selección de puntos de muestreo**

En nuestra Provincia el tratamiento más utilizado en las Plantas de Tratamiento de Efluentes cloacales es el Sistema Lagunar, el cual se basa en un circuito de Lagunas con

características específicas (lagunas primarias, lagunas secundarias y lagunas terciarias o de maduración), por las cuales el efluente cloacal va pasando y logra reducir y sanear sus componentes (Fig. 4 y 5).



Fig. 4. Imágen Satelital del Sistema lagunar de General Acha. Fuente: Google earth.



Fig. 5. Imágen Satelital del Sistema lagunar de Macachín. Fuente: Google earth.

Como se mencionó anteriormente, el presente proyecto estuvo focalizado en estudiar la caracterización algal en lagunas finales de tratamiento, entendiéndose como tales a la última laguna que forma parte de cada sistema lagunar y donde el líquido termina su tratamiento dentro de la planta, siendo así, la laguna de estabilización en el caso de General Acha (Fig. 7) y la laguna secundaria (línea 2) en el caso de Macachín (Fig. 9). En estas lagunas el tratamiento se vale de la acción microbiana (bacterias, algas) para descomponer la materia orgánica suspendida y disuelta en aguas residuales, y su finalidad, es la reducción de la DBO a los niveles mínimos, la eliminación de patógenos y la oxigenación del efluente. La selección de las mismas se debe a que se desea conocer la presencia de algas específicas dadas las condiciones en las que se encuentra el líquido depurado en la respectiva planta, antes de su disposición final.

Los puntos a muestrear seleccionados para el estudio, fueron dos, ubicados en ambos extremos de las lagunas, el primero en el sector de ingreso del efluente y el segundo en el sector próximo a la salida (Fig. 6 y 8). Estos puntos fueron elegidos con la intención de conocer la sucesión de organismos que se presentan en dicho recorrido.

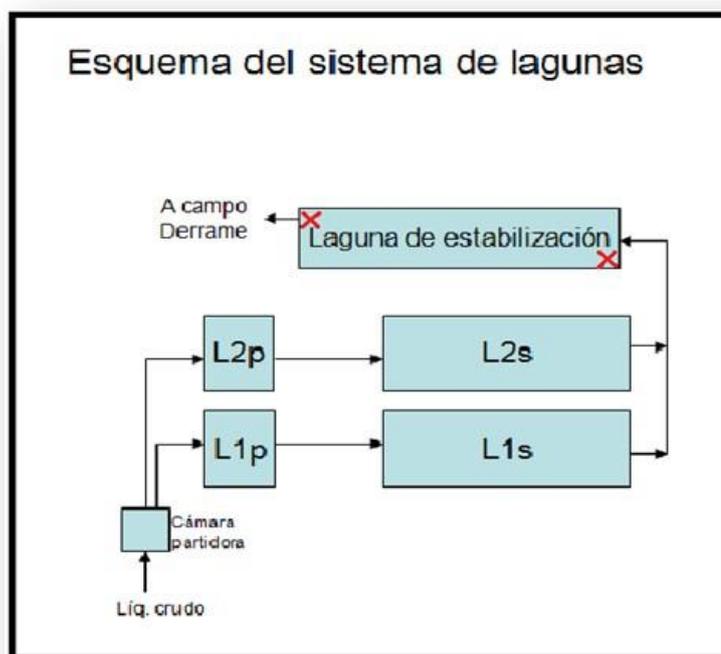


Fig. 6. Diseño del Sistema Lagunar de la Planta de Tratamiento de efluentes cloacales de General Acha. Las X señalan los puntos de muestreos seleccionados.



Fig. 7. Laguna de estabilización de General Acha.

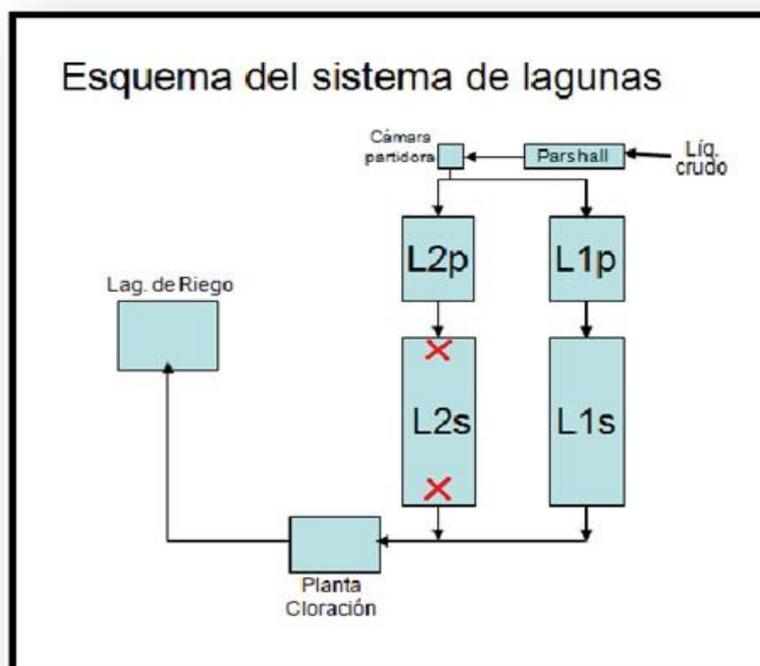


Fig. 8. Diseño del Sistema Lagunar de la Planta de Tratamiento de efluentes cloacales de Macachín. Las X señalan los puntos de muestreos seleccionados.



Fig. 9. Laguna secundaria de Macachín.

### **5-Apoyo técnico**

Se llevaron a cabo tres visitas al Instituto de Limnología “Dr. Raúl A. Ringuelet” (La Plata, Buenos Aires) para recibir asistencia técnica en la identificación algal por parte de la Dra. Nora Gómez, utilizando para ello bibliografía de autores varios [ (Guarrera, et al., 1968), (Guarrera, et al., 1972), (Streble & Krauter, 1987)]. Se realizó la observación de las muestras con un Microscopio óptico Olympus BX50, y se tomó fotografías de los organismos identificados con una cámara digital Olympus Q-Color5 adaptada al microscopio.

## **II-ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS**

A modo complementario se realizó la medición de PH y Temperatura del agua, factores del hábitat que resultan de interés ya que afectan de manera significativa la diversidad de algas que pueden formar parte de una comunidad (Alvarez & Bazán, 2010). Esto se debe a que dichos organismos presentan diferentes rangos de tolerancia según las especies, por ende, es importante saber cuáles de ellas se encuentran presentes bajo las condiciones existentes al momento del muestreo.

A lo largo de este proyecto también se obtuvieron valores de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y se tuvieron en cuenta los datos de dicho parámetro obtenidos en estudios previos de estas lagunas, para saber si presentan una variación similar respecto a la época del año.

### **III-DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAGUNAS FINALES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES CLOACALES**

#### **1-Situación algal teórica**

Para tener una idea teórica de los resultados que podríamos obtener en los muestreos correspondientes a todas las estaciones anuales de nuestro proyecto en el teórico caso en que las aguas residuales tratadas a estudiar presentaran buenas condiciones antes de su disposición final, se tuvieron en cuenta estudios previos realizados en lagunas de nuestra provincia que se encuentran en departamentos próximos a nuestra zona de estudio. A rasgos generales durante las estaciones de verano y otoño, en las lagunas mencionadas, las Divisiones de algas encontradas se han presentado en porcentajes de riqueza específica decrecientes siguiendo el orden detallado a continuación respectivamente: Cyanophyta, Chlorophyta y Chromophyta (Clase Bacylaryophyceae), y en menor medida Euglenophyta, mientras que durante las estaciones de invierno y primavera la división Chlorophyta fue la que mostró mayor porcentaje, seguida por Cyanophyta, Chromophyta y Euglenophyta. Igualmente debemos tener en cuenta que la mayoría de estas lagunas son naturales y no lagunas de tratamiento de efluentes, por ende no reciben importantes cargas de materia orgánica y nutrientes. Solo una de ellas (Laguna del Bajo Giuliani) se utiliza como cuerpo receptor para la disposición final de las aguas residuales de Santa Rosa tratadas previamente en la Planta de Tratamiento correspondiente.

#### **2-Muestreo**

Se llevaron a cabo cinco viajes a las Plantas de tratamiento de las localidades de General Acha y Macahín. El primer viaje fue meramente para reconocimiento de los predios, observación del sistema lagunar y ubicación de las lagunas en las cuales efectivamente se iba a realizar la toma de muestras, mientras que los viajes restantes fueron específicamente de muestreo. Cabe aclarar que las condiciones de mantenimiento de los predios al momento de todos los muestreos estacionales se consideran aceptables con respecto a los alrededores del sistema lagunar, las lagunas muestreadas se encontraban en funcionamiento, y visualmente parecían tener un cuidado adecuado. Los puntos de muestreos seleccionados fueron mencionados anteriormente y pueden observarse en las figuras 6 y 8 respectivamente. Sus coordenadas se tomaron mediante un GPS Garmin Etrex Vista Hcx. Dichos puntos corresponden a la zona de entrada y salida del líquido a las lagunas finales bajo estudio. Debido al diseño de las lagunas, y para no correr peligro de caer en las mismas, las muestras fitoplanctónicas fueron tomadas con un recipiente de 5 litros (atado en su extremo con una soga de 10 metros) que fue arrojado desde el borde para recolectar el material a estudiar por arrastre superficial. Luego, las mismas se dispusieron en recipientes rotulados de 100 ml. Simultáneamente se tomaron registros de las variables físicoquímicas: temperatura mediante un termómetro de mercurio y PH con tiras indicadoras de PH marca Merck. Una vez con las muestras frescas en el laboratorio, el fitoplancton fue observado e identificado en vivo bajo microscopio óptico Kyowa Biolux-12 para lograr una percepción más realista de los individuos, entendiéndose por esto sus colores, movimientos, formas coloniales, entre otras. Las mismas fueron fotografiadas para tener un registro digital. Finalmente, las muestras se fijaron con formaldehído al 4% y se depositaron en el

Laboratorio de Efluentes de la Administración Provincial del Agua, quedando disponibles para posteriores análisis.

Como complemento a la descripción cualitativa de la comunidad algal, se realizó el conteo de 800 células por muestra considerando todas las especies que aparecían en el campo del microscopio, y luego para determinar la abundancia relativa de cada una de ellas, se calculó por regla de tres simple el porcentaje que representaban las mismas en las respectivas muestras donde fueron encontradas. De esta manera pudimos saber cuáles son las especies y Divisiones más abundantes en cada punto muestreado.

### **3-Resultados**

Los resultados obtenidos durante el presente trabajo, se detallan a continuación siguiendo el orden de estaciones anuales muestreadas (Verano, Otoño, Invierno y Primavera).

Los datos del **muestreo de verano** pueden observarse en las tablas 1 y 2:

Tabla 1. Datos del muestreo de verano en Laguna de estabilización (General Acha).

Lugar de muestreo	Punto de muestreo	Fecha y hora	Ubicación GPS	Temperatura	PH
General Acha	1 (Laguna de estabilización-ingreso efluente)	18-03-2015/ 10:00 hs	S.37°23'19,9" W.064°33'13,3"	26°C	7,4
General Acha	2 (Laguna de estabilización-salida efluente)	18-03-2015/ 10:20 hs	S.37°23'21,5" W.064°33'02,9"	26°C	7,4

El valor de DBO obtenido en estudios previos realizados en la laguna final de General Acha en época estival fue de 177 mg/l (dato suministrado por el Laboratorio de Aguas de la Provincia de La Pampa). Por cuestiones técnicas de laboratorio, no se pudieron realizar los análisis de la DBO del muestreo estival llevado a cabo para este proyecto.

Tabla 2. Datos del muestreo de verano en Laguna secundaria (Macachín).

Lugar de muestreo	Punto de muestreo	Fecha y hora	Ubicación GPS	Temperatura	PH
Macachín	3 (Laguna secundaria-ingreso efluente)	18-03-2015/ 12:10 hs	S.37°11'48,5" W.063°40'10,2"	26°C	7,9
Macachín	4 (Laguna secundaria-salida efluente)	18-03-2015/ 12:30 hs	S.37°11'48,4" W.063°40'04,7"	25°C	8,1

El valor de DBO obtenido en estudios previos realizados en la laguna final de Macachín en época estival fue de 111 mg/l (dato suministrado por el Laboratorio de Aguas de la Provincia de La Pampa).

La Tabla 3 muestra los taxa identificados en el material recolectado en ambas lagunas.

Tabla 3. Total de taxa identificados en todos los puntos de muestreo. X: indica presencia de la especie en el sitio.

División	Especie	Laguna final de Gral. Acha		Laguna final de Macachín	
		Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
Euglenophyta	<i>Euglena hemicromata</i>		X	X	
	<i>Lepocinclis salina</i>			X	
	<i>Lepocinclis texta</i>			X	
	<i>Phacus dangeardii</i>	X		X	X
	<i>Phacus longicauda</i>	X	X		
Chlorophyta	<i>Actinastrum hantzschii</i>	X			
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	X	X		X
	<i>Golenkinia radiata</i>	X	X	X	
	<i>Gonium cf. pectorale</i>	X			
	<i>Micractinium pusillum</i>	X	X	X	X
	<i>Monoraphidium komarkovae</i>	X	X	X	
	<i>Oocystis borgei</i>	X	X		
	<i>Pandorina morum</i>	X			
	<i>Scenedesmus intermedius</i>	X	X		
	<i>Scenedesmus nanus</i>		X		
	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	X	X		
<i>Volvox sp.</i>			X		
Chromista	<i>Nitzschia palea</i>	X			
	<i>Nitzschia cf. Umbonata</i>			X	
	<i>Gomphonema parvulum</i>		X		
Cyanophyta	<i>Chroococcus sp.</i>	X	X		
	<i>Merismopedia sp.</i>				X

En General Acha, tanto en el punto de ingreso como en el de salida del efluente de la laguna final, la riqueza de especies encontradas correspondieron principalmente a la División Chlorophyta, y en menor medida a Euglenophyta, Chromista y Cyanophyta respectivamente (Fig. 10 y 11).

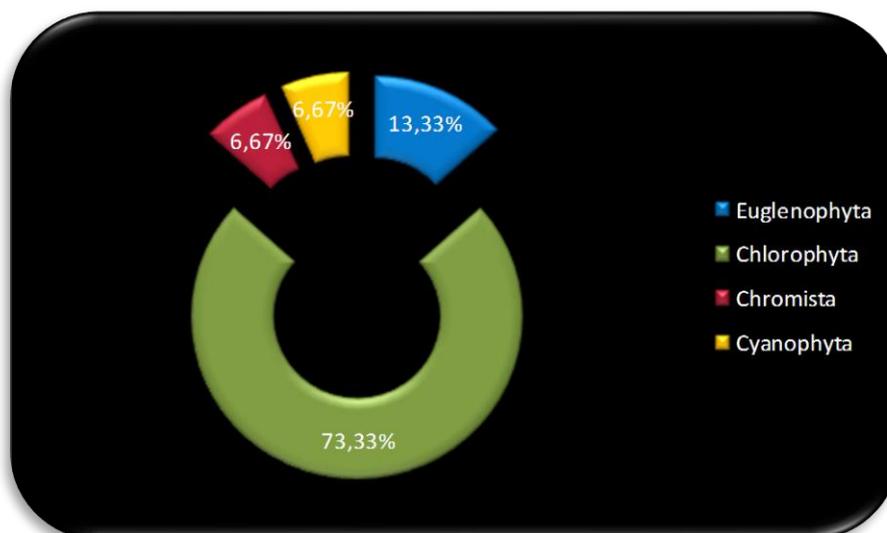


Fig. 10. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso del efluente a la laguna final-General Acha, Verano).

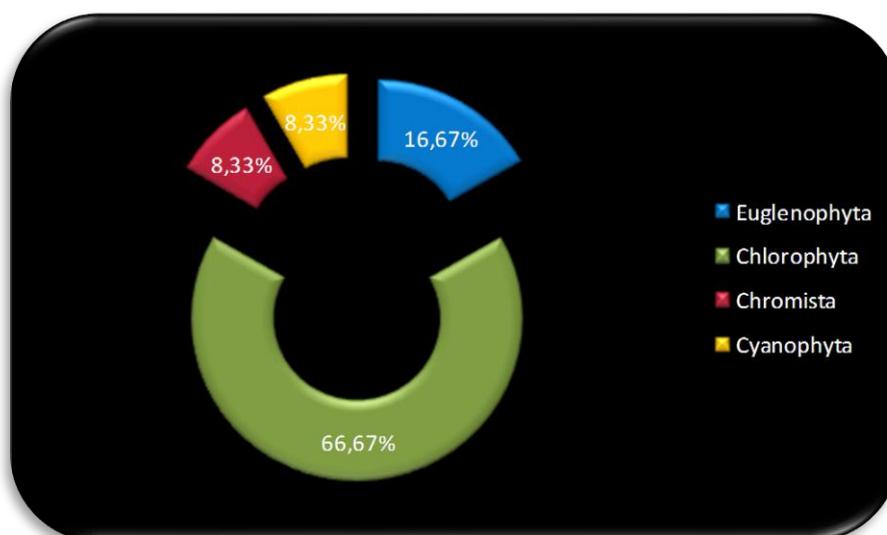


Fig. 11. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (salida del efluente de la laguna final-General Acha, Verano).

Se obtuvieron las abundancias relativas de cada especie en las lagunas finales de General Acha y Macachín, observándose los resultados que a continuación se mencionan.

En el punto de ingreso de la laguna de estabilización de General Acha se observó una predominancia de la especie *Gonium cf pectorale* con un 30,88% (Fig. 12). Mientras que la División numéricamente más presente en este punto fue la Chlorophyta (Fig. 13).

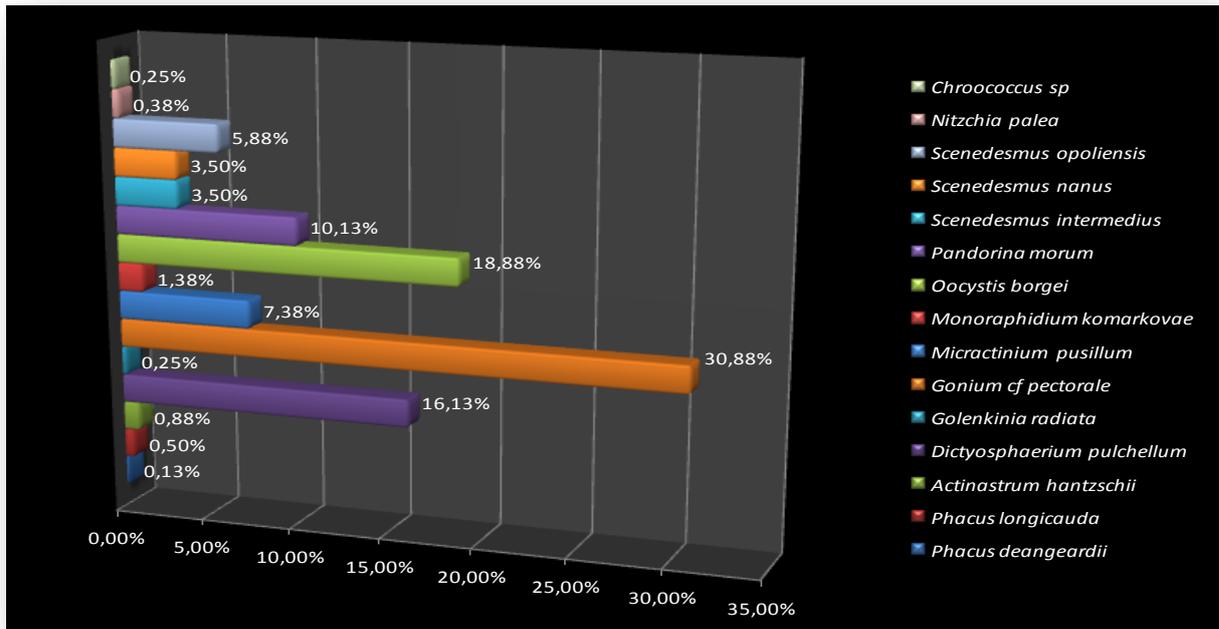


Fig. 12. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-General Acha, Verano)

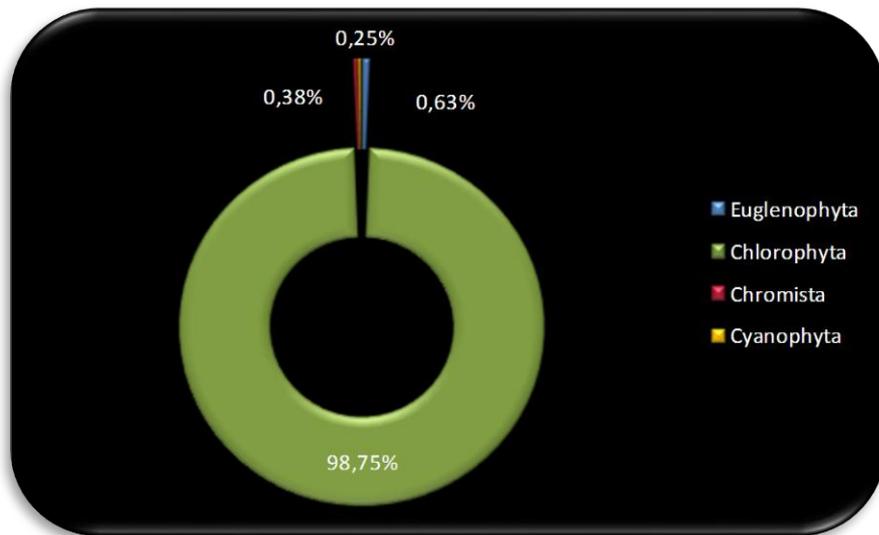


Fig. 13. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-General Acha, Verano).

Para el punto de salida del efluente siguiendo el caso anterior, la predominancia la obtuvo *Dyctiosphaerium pulchellum* (Fig. 14). La División más abundante en organismos fue nuevamente la Chlorophyta (Fig. 15).

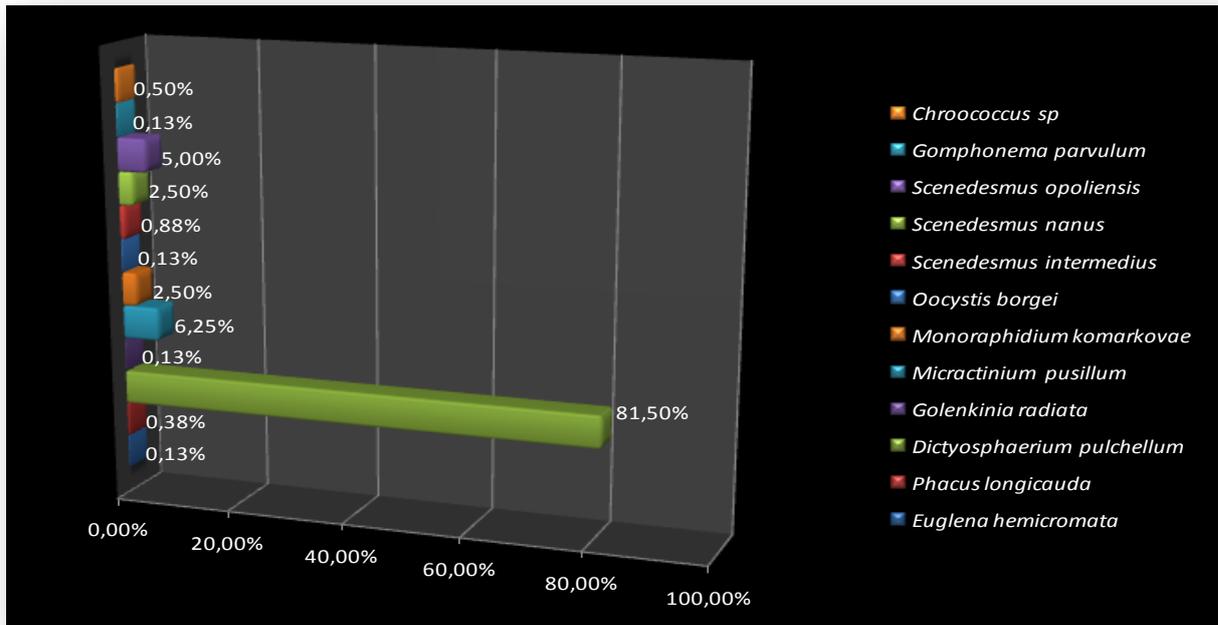


Fig. 14. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final- General Acha, Verano).

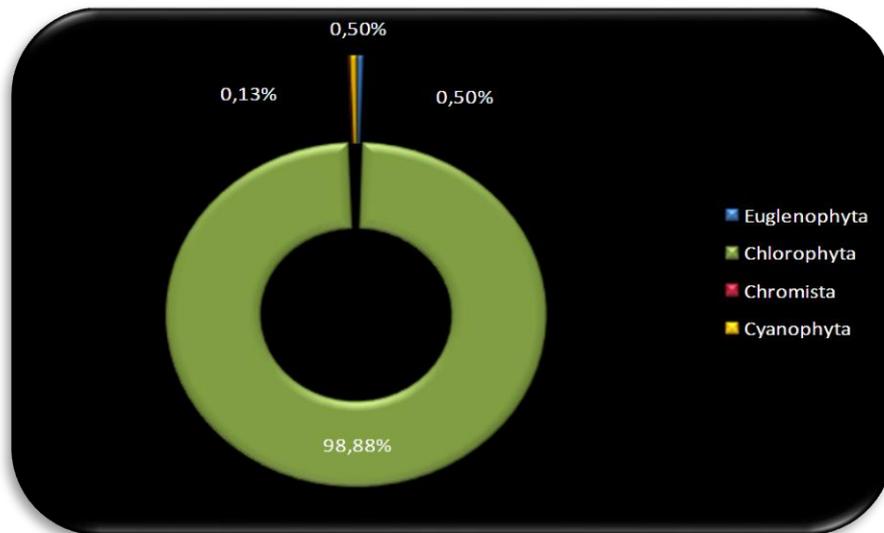


Fig. 15. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (salida del efluente de la laguna final- General Acha, Verano).

Para el caso de la laguna secundaria correspondiente a la Planta en estudio de Macachín, la riqueza de especies encontradas por división en el punto de ingreso presentó los mismos valores para Chlorophytas y Euglenophytas con un 44,44% (Fig. 16). Mientras que en el punto de salida la División Chlorophyta fue la predominante (Fig. 17).

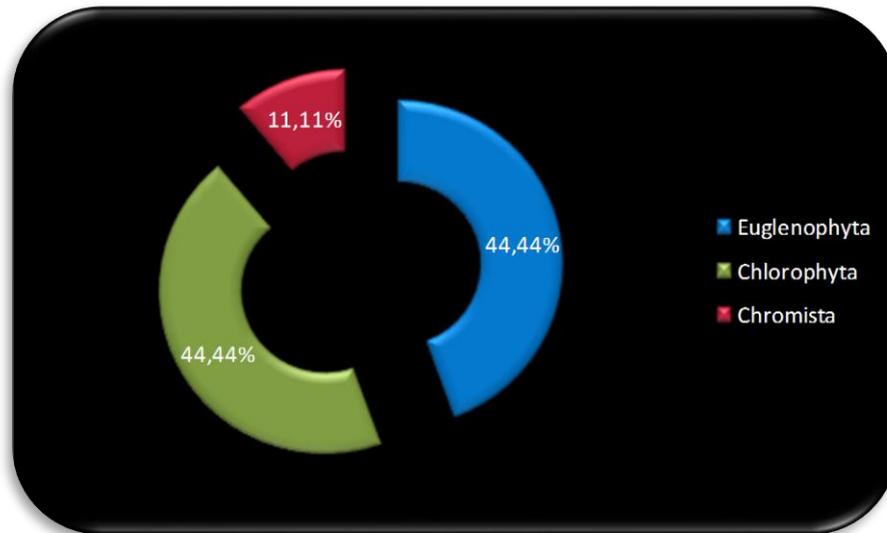


Fig. 16. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Verano).

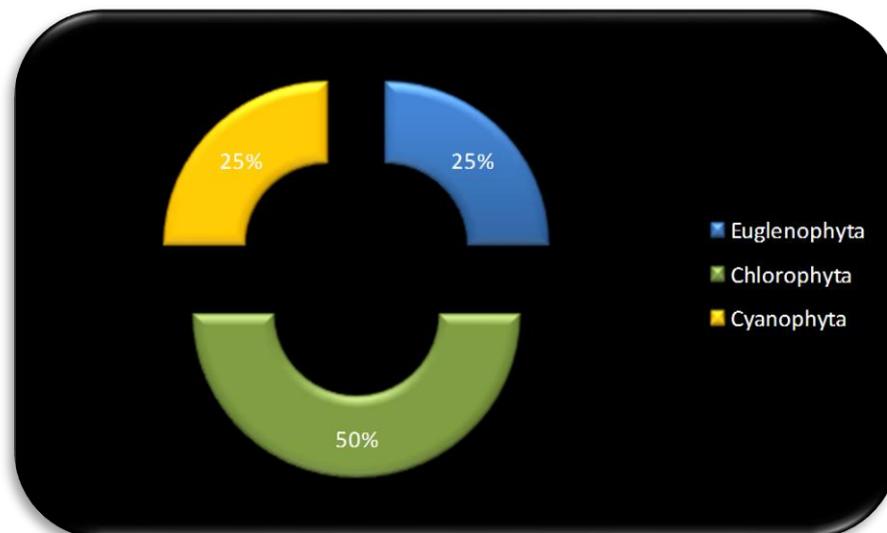


Fig. 17. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Verano).

*Micractinium Pusillum* fue la especie que predominó marcadamente en el punto de ingreso a la laguna secundaria (Fig. 18), y también lo hizo en el punto de salida pero con valores muy cercanos a las restantes especies presentes en esa muestra (Fig. 19).

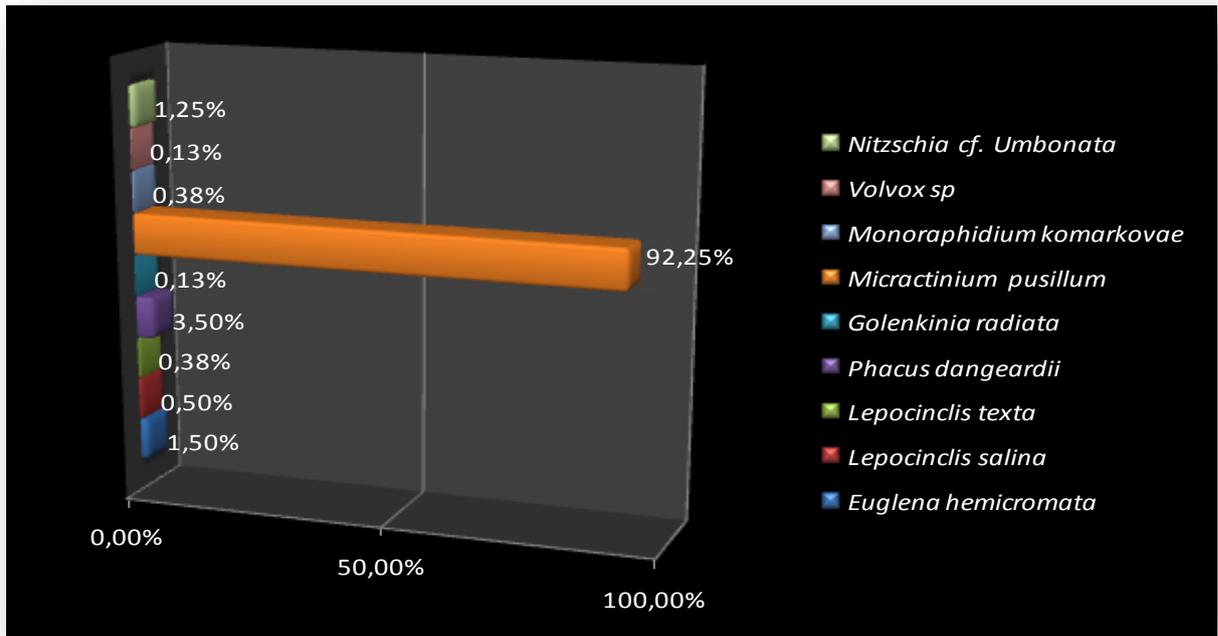


Fig. 18. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Verano).

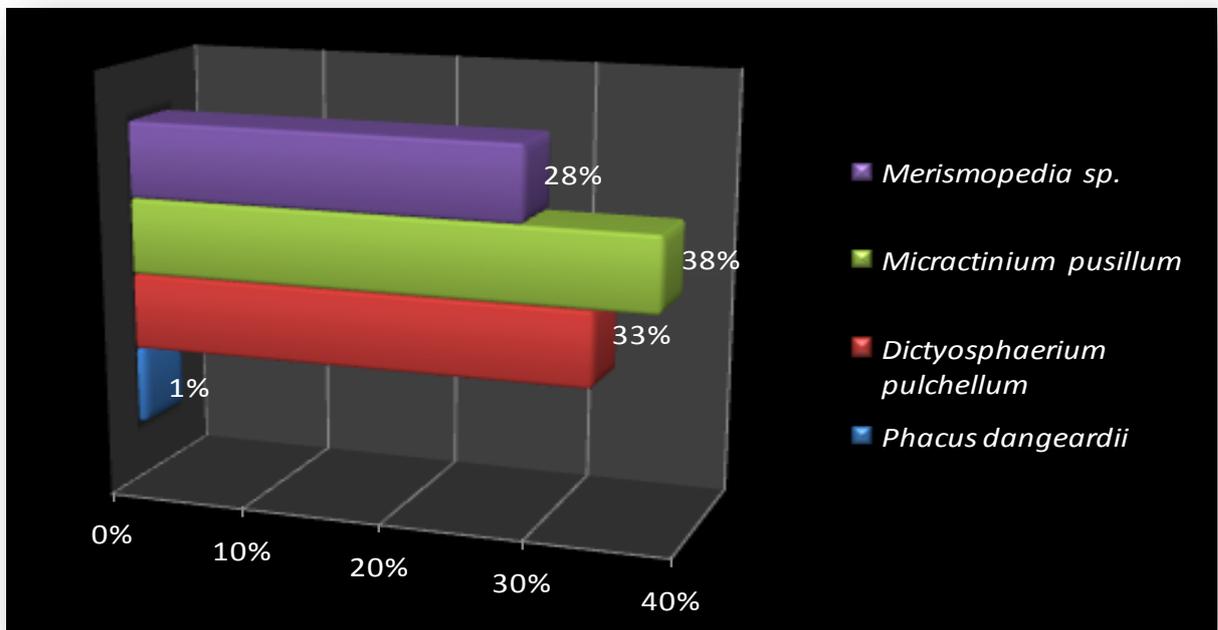


Fig. 19. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Verano).

En cuanto a la División más abundante en organismos para estos dos puntos, nuevamente fueron las Chlorophytas quienes predominaron notablemente (Fig. 20 y 21).

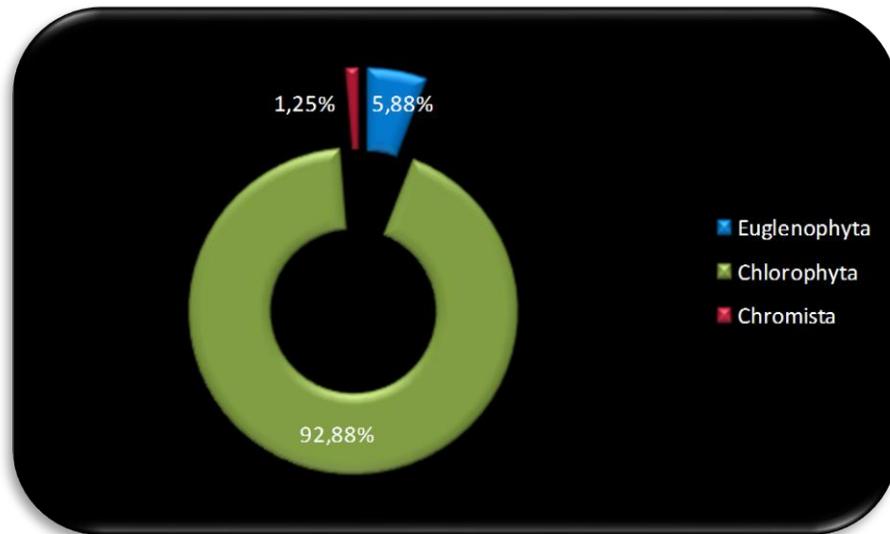


Fig. 20. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Verano).

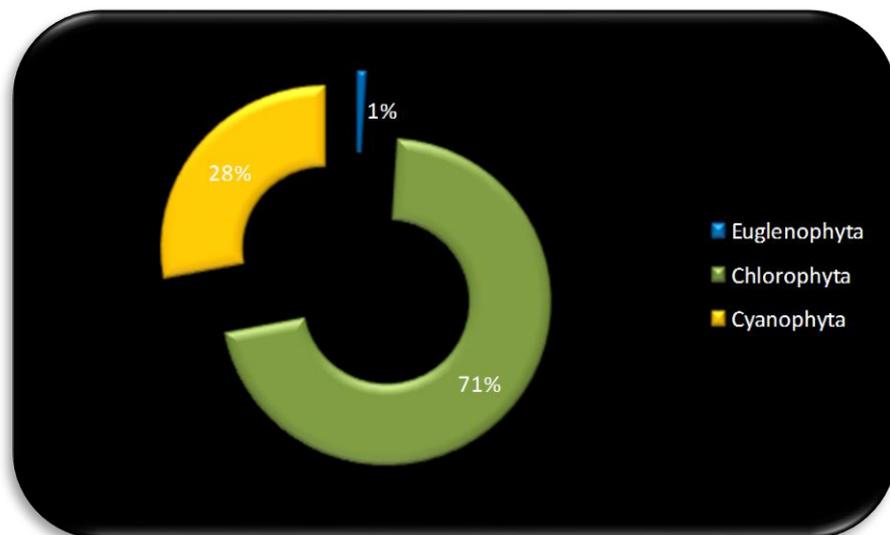


Fig. 21. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Verano).

Teniendo en cuenta los resultados de los estudios previos realizados en la Provincia de La Pampa, y los obtenidos del presente muestreo de verano, podemos observar que para este segundo caso la División Chlorophyta fue la que presentó mayor riqueza de especies para todos los puntos de muestreos (desde un 44% a 73% aproximadamente según el caso), seguida por la División

Euglenophyta que presentó desde un 13% a un 44% del total de las especies. Contrario a lo obtenido en los estudios previos, en el caso de la División Euglenophyta que estuvo poco representada, mientras que la División Chlorophyta por su parte se mantuvo entre los primeros grupos que aportaron diversidad a las lagunas.

Los datos obtenidos en el **muestreo de Otoño**, se detallan a continuación en las tablas 4 y 5:

Tabla 4. Datos del muestreo de Otoño en Laguna de estabilización (General Acha).

Lugar de muestreo	Punto de muestreo	Fecha y hora	Ubicación GPS	Temperatura	PH
General Acha	1 (Laguna de estabilización-ingreso efluente)	21-05-2015 / 12:05 hs	S.37°23'19,9" W.064°33'13,3"	17°C	7,3
General Acha	2 (Laguna de estabilización-salida efluente)	21-05-2015/ 11:55 hs	S.37°23'21,5" W.064°33'02,9"	17°C	7,1

El valor de DBO obtenido en estudios previos realizados en la laguna final de General Acha en época otoñal fue de 189 mg/l (dato suministrado por el Laboratorio de Aguas de la Provincia de La Pampa). El valor de dicho parámetro obtenido en el presente muestreo fue de 188 mg/l. Esto nos indica que las lagunas siguen manteniendo un funcionamiento similar (cabe aclarar que estos valores superan los 50 mg/l establecidos por Decreto Provincial N° 2793/06, indicando que los tratamientos no estarían siendo óptimos).

Tabla 5. Datos del muestreo de Otoño en Laguna secundaria (Macachín).

Lugar de muestreo	Punto de muestreo	Fecha y hora	Ubicación GPS	Temperatura	PH
Macachín	3 (Laguna secundaria-ingreso efluente)	21-05-2015/ 9:30 hs	S.37°11'48,5" W.063°40'10,2"	19°C	7,6
Macachín	4 (Laguna secundaria-salida efluente)	21-05-2015/ 9:45 hs	S.37°11'48,4" W.063°40'04,7"	19°C	7,9

El valor de DBO obtenido en estudios previos realizados en la laguna final de Macachín en época otoñal fue de 94 mg/l (dato suministrado por el Laboratorio de Aguas de la Provincia de La Pampa). El valor de dicho parámetro obtenido en el presente muestreo fue de 90 mg/l. Esto nos indica que las lagunas siguen manteniendo un funcionamiento similar (al igual que en General Acha, estos valores superan a los establecidos por Decreto Provincial N° 2793/06).

La Tabla 6 muestra los taxa identificados en el material recolectado en ambas lagunas.

Tabla 6. Total de taxa identificados en todos los puntos de muestreo. X: indica presencia de la especie en el sitio.

División	Especie	Laguna final de Gral. Acha		Laguna final de Macachín	
		Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
Euglenophyta	<i>Euglena hemicromata</i>	X	X		
	<i>Lepocinclis texta</i>			X	
	<i>Phacus longicauda</i>	X	X		
Chlorophyta	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	X	X	X	
	<i>Gonium cf. pectorale</i>			X	X
	<i>Monoraphidium komarkovae</i>		X		
	<i>Pandorina morum</i>	X	X	X	X
Chromista	<i>Nitzschia palea</i>		X	X	X
	<i>Nitzschia cf. Umbonata</i>			X	
Cyanophyta	<i>Chroococcus sp.</i>	X	X		
	<i>Merismopedia sp.</i>			X	

En el punto de ingreso del efluente a la laguna final de la planta de tratamiento de General Acha, tanto la División Euglenophyta como Chlorophyta presentaron la misma riqueza de especies, mientras la División Cyanophyta contó con el menor número (Fig. 22). En el punto de salida del efluente, fue la División Chlorophyta la que presentó mayor riqueza de especies, seguida por la División Euglenophyta, y finalmente las Divisiones Chromista y Cyanophyta con la menor riqueza por igual (Fig. 23).

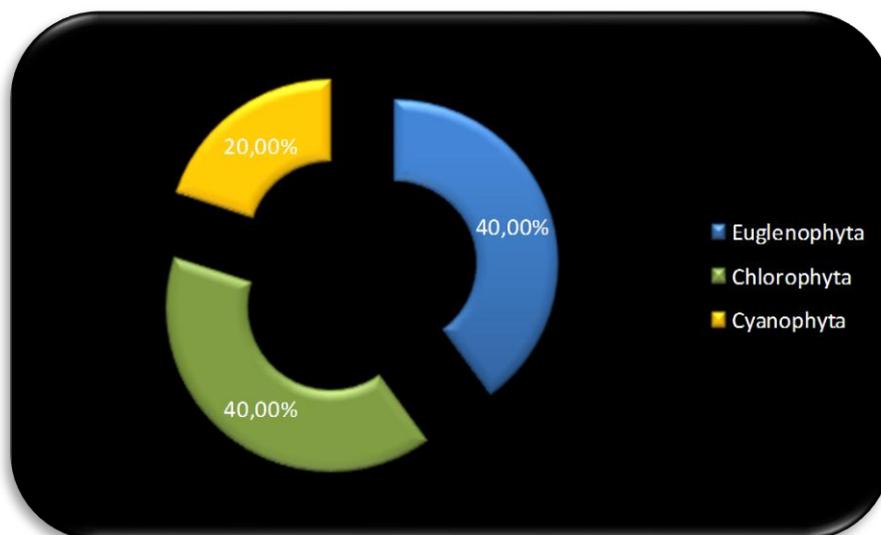


Fig. 22. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso del efluente a la laguna final-General Acha, Otoño).

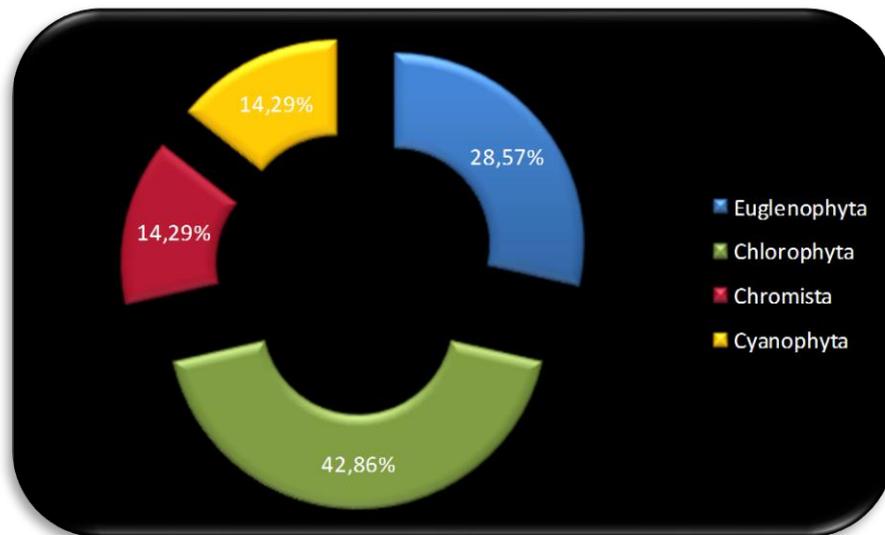


Fig. 23. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (salida del efluente de la laguna final-General Acha, Otoño).

Los resultados del conteo celular de las diferentes especies presentes en cada muestra, para calcular la abundancia relativa de las mismas en el ingreso y salida del efluente de las lagunas finales de General Acha y Macachín se detallan a continuación.

En el punto de ingreso del efluente a la laguna de estabilización de General Acha se observó una predominancia de la especie *Euglena hemicromata* con un 43,13% (Fig. 24). Mientras que la División más abundante en este punto fue Chlorophyta, con muy poca diferencia respecto a Euglenophyta (Fig. 25).

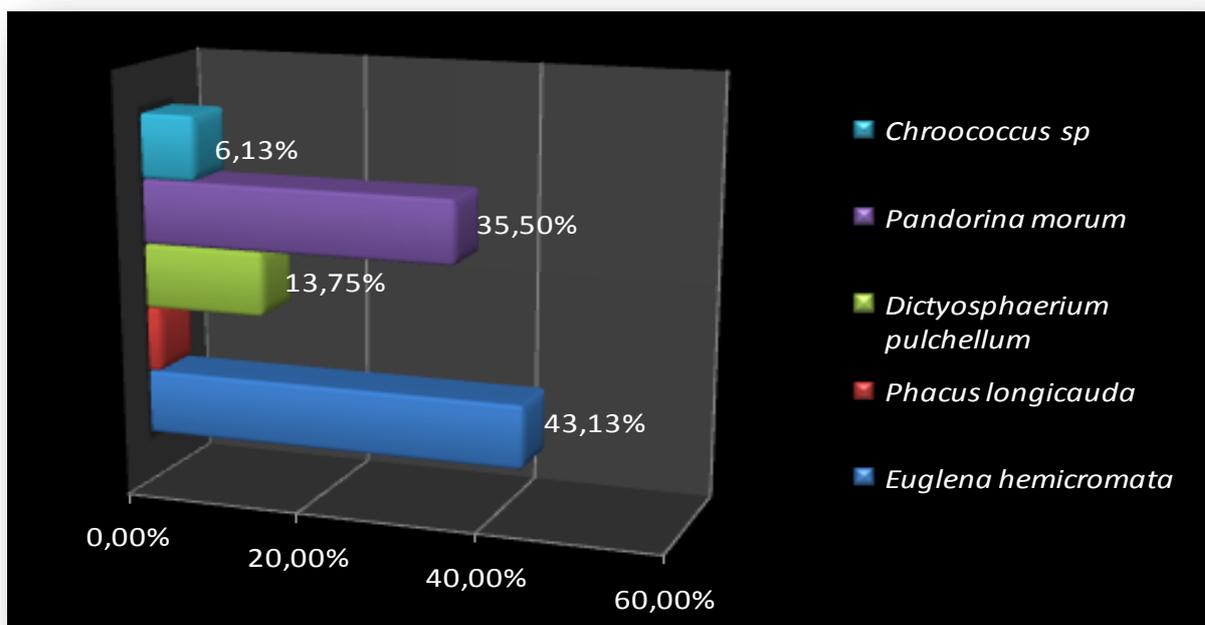


Fig. 24. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-General Acha, Otoño).

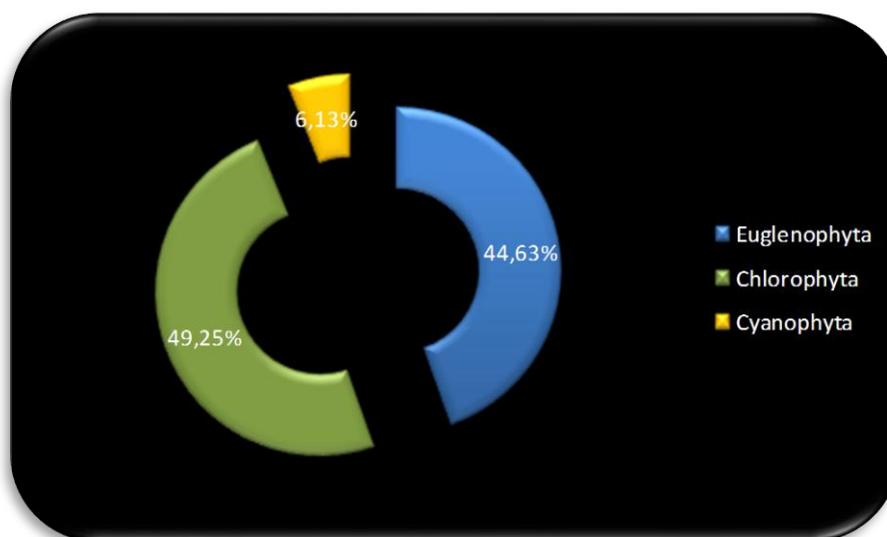


Fig. 25. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-General Acha, Otoño).

En el punto de salida del efluente siguiendo el caso anterior, la predominancia la obtuvo *Dictyosphaerium pulchellum* (Fig. 26). La División más abundante en organismos fue nuevamente Chlorophyta (Fig. 27).

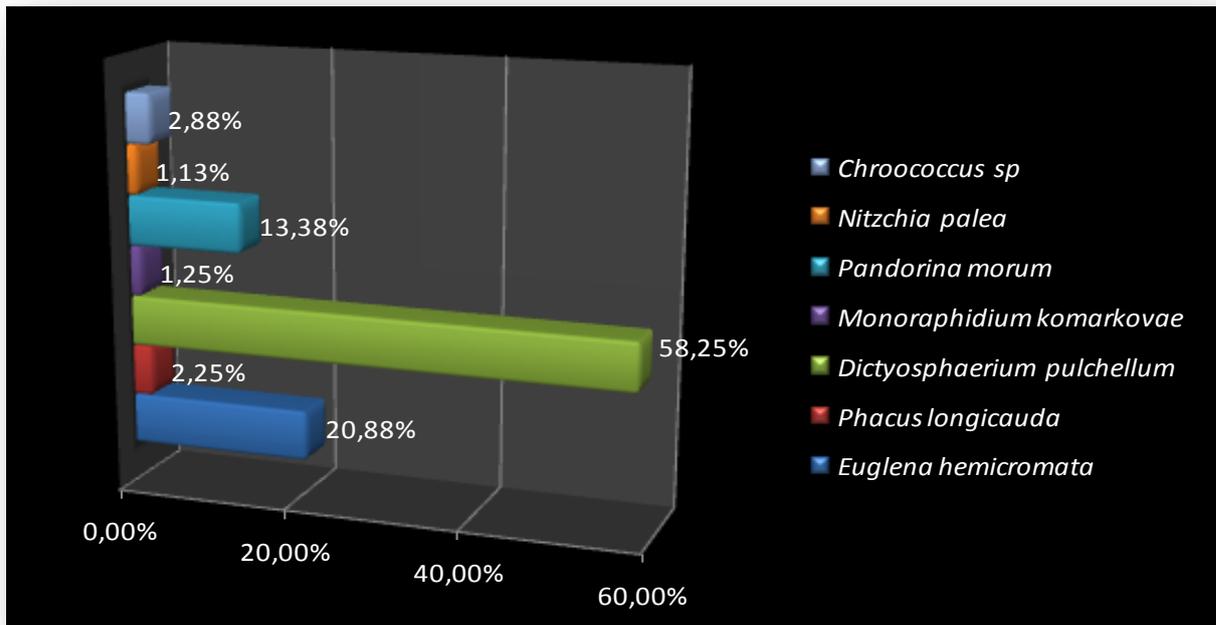


Fig. 26. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final- General Acha, Otoño).

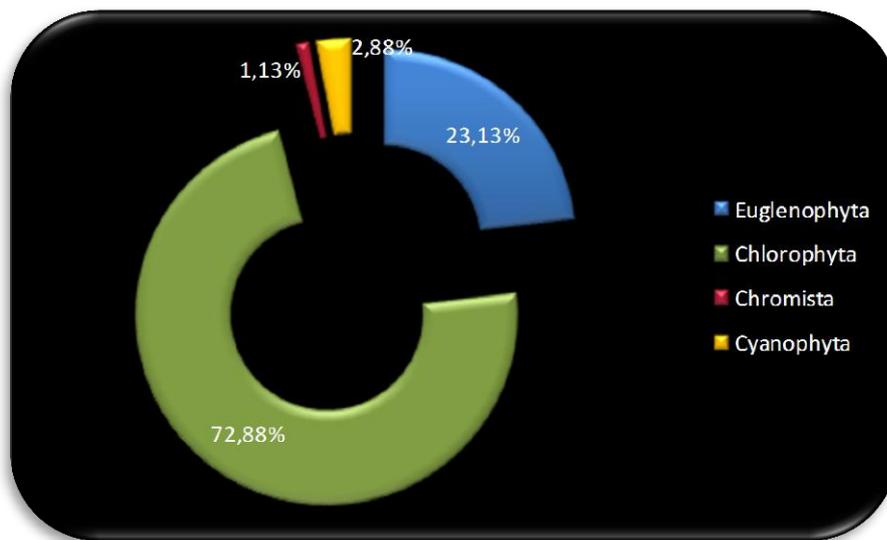


Fig. 27. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (salida del efluente de la laguna final- General Acha, Otoño).

Para el caso de la laguna secundaria correspondiente a la Planta en estudio de Macachín, la riqueza de especies encontradas por división en el punto de ingreso presentó el mayor valor para Chlorophyta con un 42,86% (Fig. 28), siendo también la división predominante en el punto de salida con un 67% (Fig. 29).

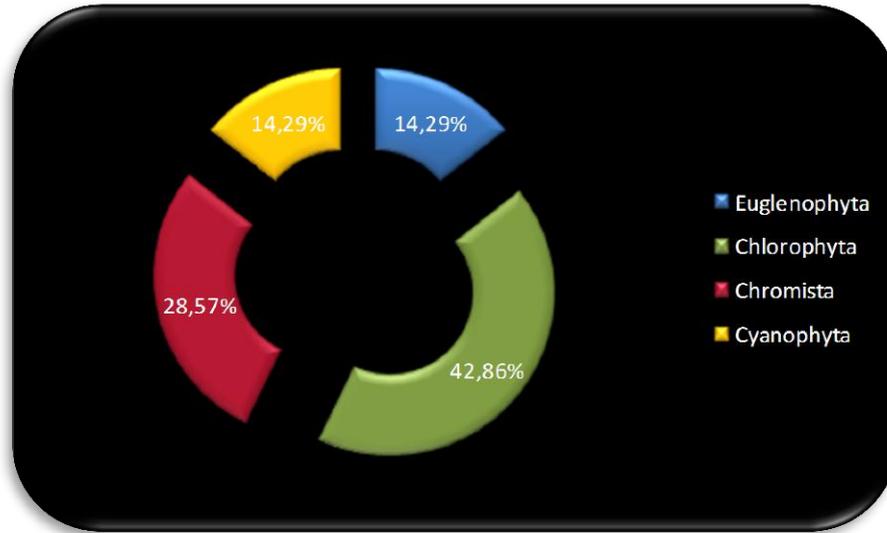


Fig. 28. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Otoño).



Fig. 29. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Otoño).

*Pandorina morum* fue la especie que predominó marcadamente en el punto de ingreso a la laguna secundaria (Fig. 30), y también lo hizo en el punto de salida (Fig. 31).

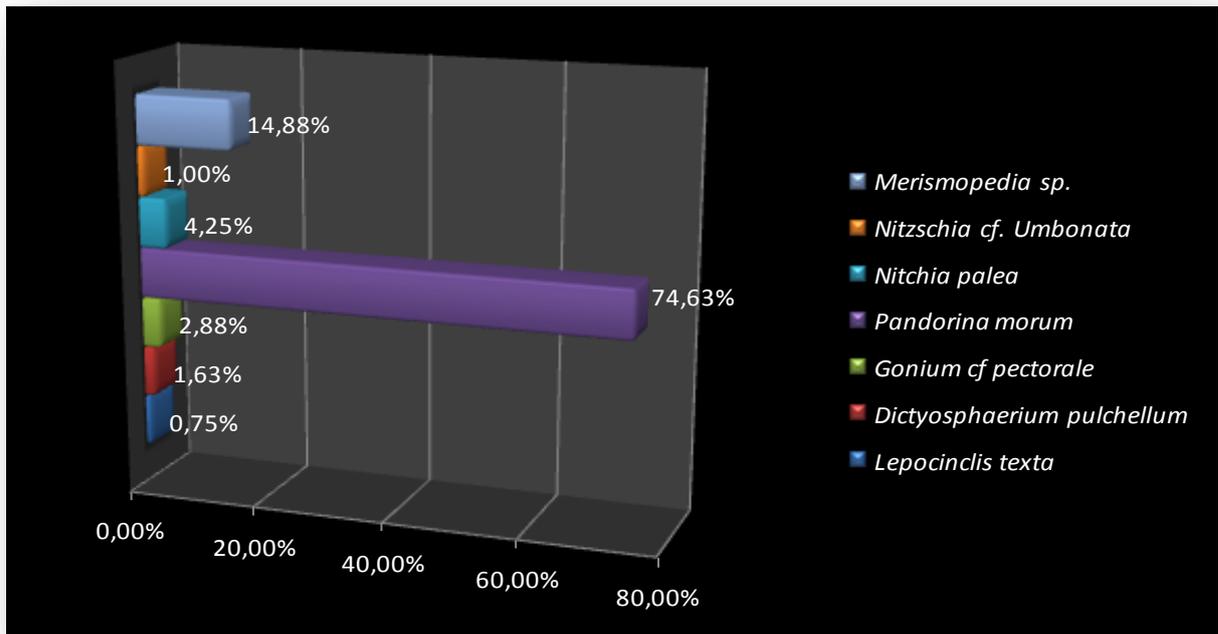


Fig. 30. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Otoño).

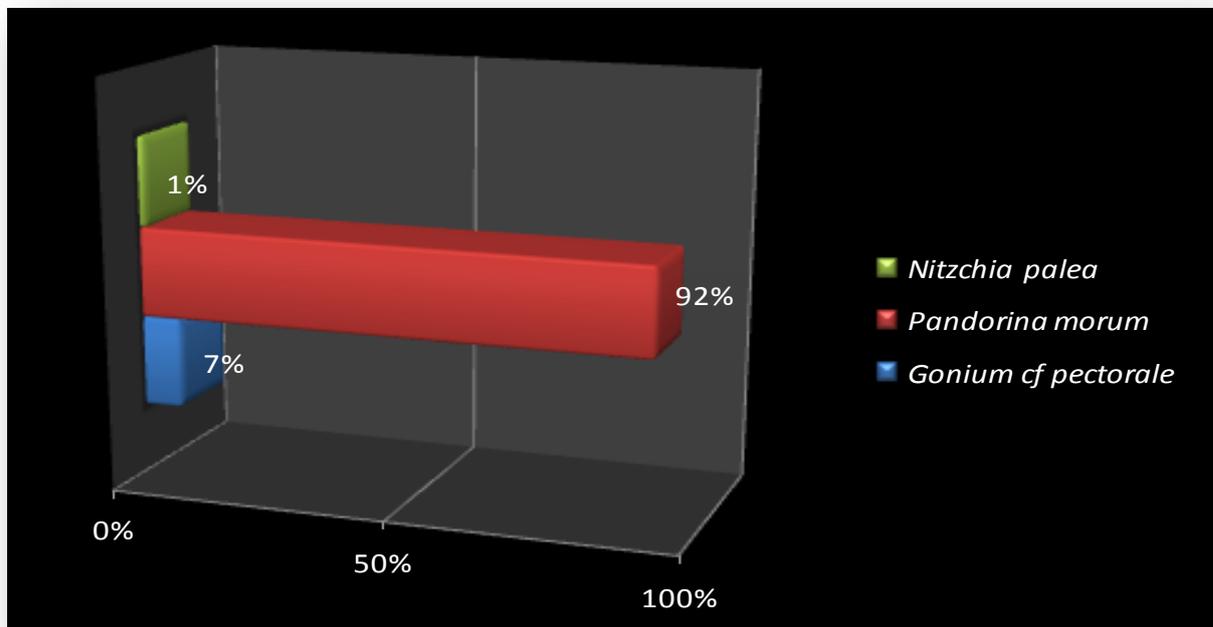


Fig. 31. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Otoño).

Chlorophyta fue la División que presentó mayor abundancia de organismos para los dos puntos correspondientes a la laguna final de Macachín (Fig. 32 y 33).

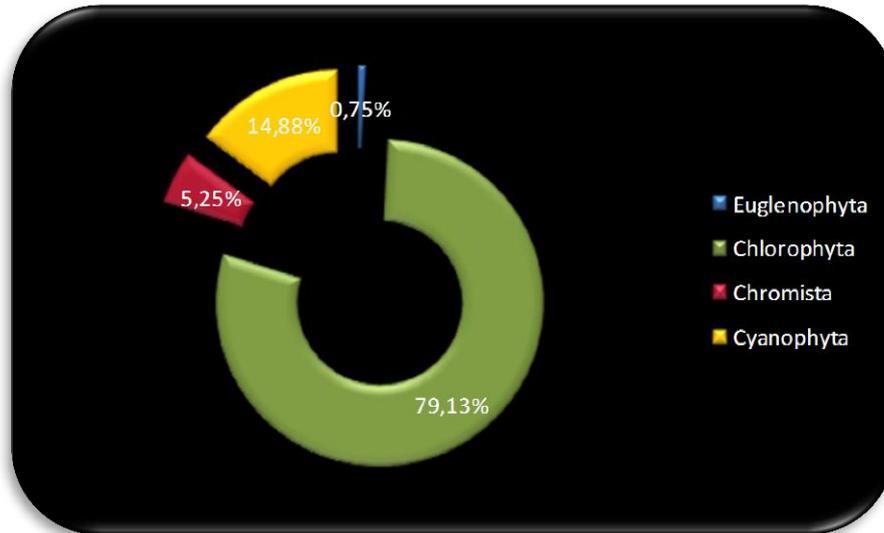


Fig. 32. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Otoño).

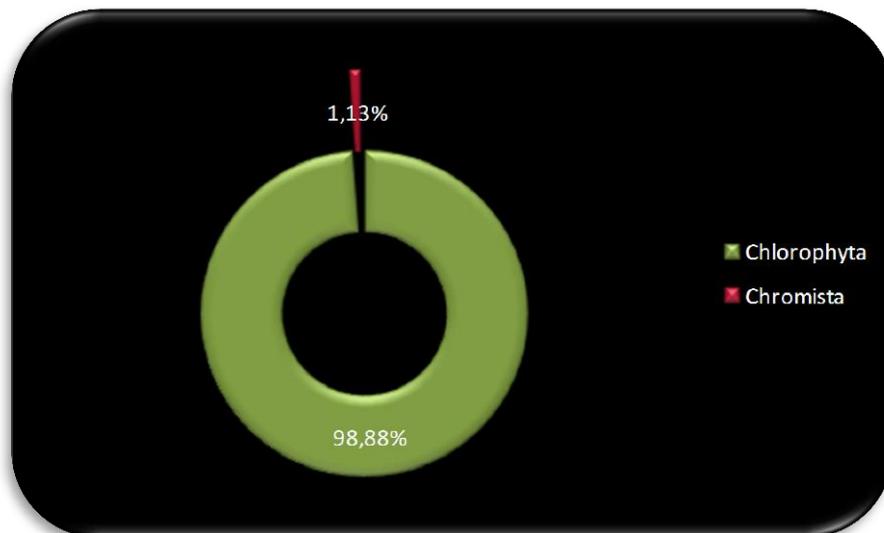


Fig. 33. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Otoño).

Realizando una comparación entre los estudios previos realizados en época otoñal en diferentes lagunas de nuestra provincia, y los realizados en el presente trabajo, en cuanto a la presencia de cada División algal (teniendo en cuenta para ello, el número de especies que se encontró para cada una de las mismas), se pudo observar que la División Chlorophyta fue

predominante en todos los puntos muestreados del proyecto en desarrollo (desde 40% a 67%), seguida por Euglenophyta y Chromista en porcentajes similares (desde 14,29% a 40%). Mientras que los estudios previos muestran una predominancia compartida entre Chlorophyta y Cyanophyta para esta época del año, siendo muy baja la presencia del resto de las Divisiones.

Los datos obtenidos en el **muestreo Invernal**, se detallan a continuación en las tablas 7 y 8:

Tabla 7. Datos del muestreo de Invierno en Laguna de estabilización (General Acha).

Lugar de muestreo	Punto de muestreo	Fecha y hora	Ubicación GPS	Temperatura	PH
General Acha	1 (Laguna de estabilización-ingreso efluente)	25-08-2015/9:25 hs	S.37°23'19,9" W.064°33'13,3"	11°C	7,5
General Acha	2 (Laguna de estabilización-salida efluente)	25-08-2015/9:45	S.37°23'21,5" W.064°33'02,9"	10°C	7,7

El valor de DBO obtenido en estudios previos realizados en la laguna final de General Acha en época invernal fue de 93 mg/l (dato suministrado por el Laboratorio de Aguas de la Provincia de La Pampa). El valor de dicho parámetro obtenido en el presente muestreo fue de 154 mg/l (valores superiores a los establecidos por Decreto Provincial N° 2793/06).

Tabla 8. Datos del muestreo de Invierno en Laguna secundaria (Macachín).

Lugar de muestreo	Punto de muestreo	Fecha y hora	Ubicación GPS	Temperatura	PH
Macachín	3 (Laguna secundaria-ingreso efluente)	25-08-2015/12 hs	S.37°11'48,5" W.063°40'10,2"	12°C	7,4
Macachín	4 (Laguna secundaria-salida efluente)	25-08-2015/12:25hs	S.37°11'48,4" W.063°40'04,7"	11°C	7,3

El valor de DBO obtenido en estudios previos realizados en la laguna final de Macachín en época invernal fue de 110 mg/l (dato suministrado por el Laboratorio de Aguas de la Provincia de La Pampa). El valor de dicho parámetro obtenido en el presente muestreo fue de 90 mg/l (valores superiores a los establecidos por Decreto Provincial N° 2793/06).

La Tabla 9 muestra los taxa identificados en el material recolectado en ambas lagunas.

Tabla 9. Total de taxa identificados en todos los puntos de muestreo. X: indica presencia de la especie en el sitio.

División	Especies	Laguna final de Gral. Acha		Laguna final de Macachín	
		Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
Euglenophyta	<i>Euglena hemicromata</i>			X	X
Chlorophyta	<i>Chlamydomona ehrenbergi</i>	X	X	X	X
Chromista	<i>Nitzschia palea</i>			X	X

Para el caso de General Acha, las muestras fueron monoespecíficas tanto en el ingreso como en la salida de la laguna final, correspondiendo el 100% de las algas encontradas a la especie *Chlamydomona ehrenbergi* (Chlorophyta). Por este motivo, no se presentarán gráficos para dicho sitio de muestreo en este caso.

En Macachín la riqueza de especies encontradas por división fue igual (33,33%) para Euglenophyta, Chlorophyta y Chromista (Fig. 34), en el ingreso y en la salida del efluente de la laguna final.

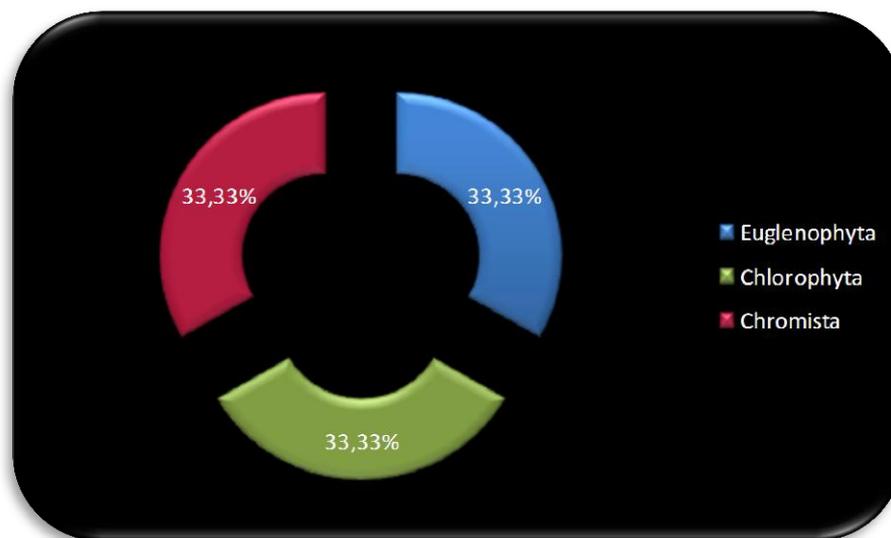


Fig. 34. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso y salida del efluente de la laguna final- Macachín, Invierno).

Los resultados del conteo celular de las diferentes especies presentes en cada muestra, para calcular la abundancia relativa de las mismas en el ingreso y salida del efluente en la laguna final de Macachín se detallan a continuación.

*Chlamydomona ehrenbergi* fue la especie que predominó notoriamente en los puntos de ingreso y salida del efluente en la laguna final (Fig. 35 y 36).

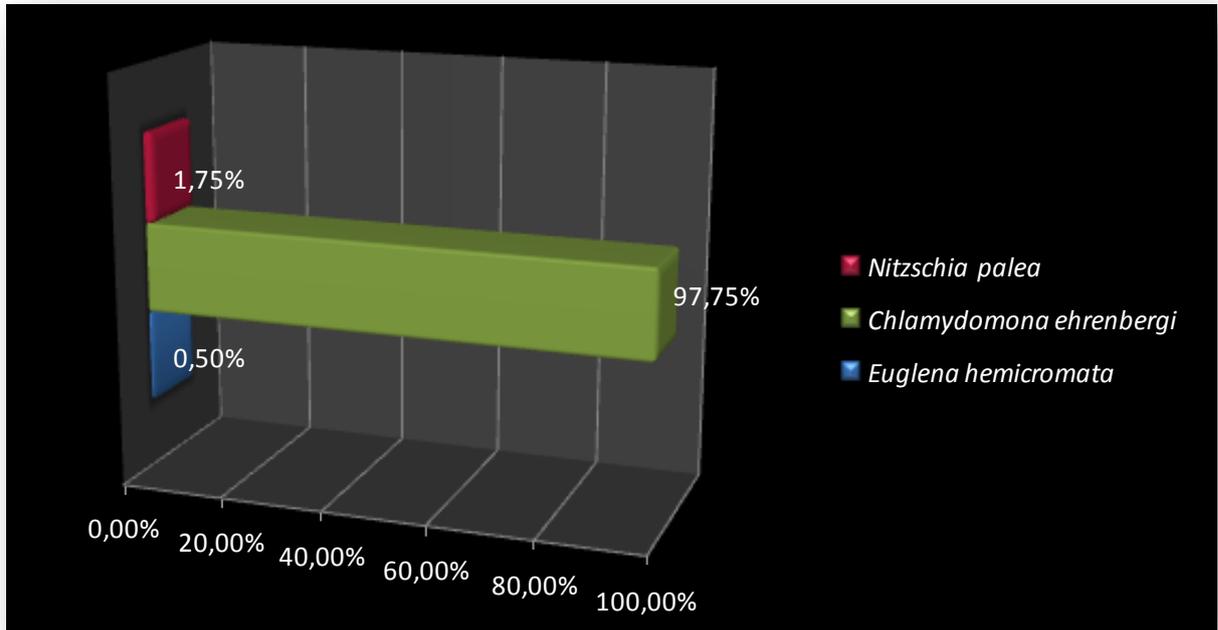


Fig. 35. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Invierno).

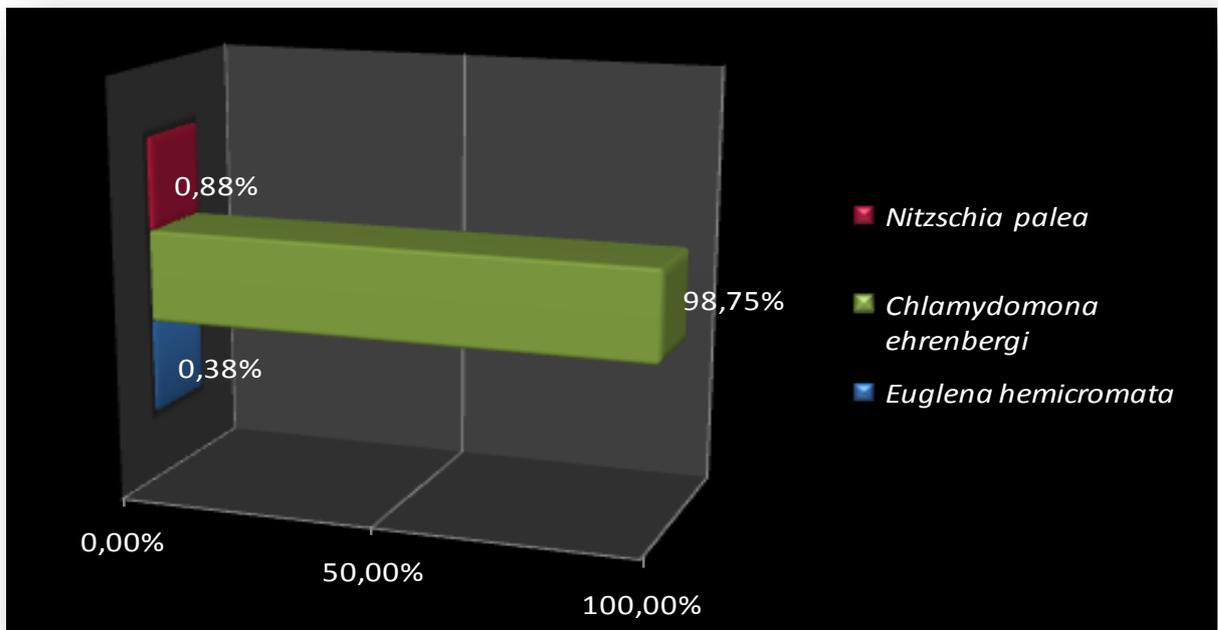


Fig. 36. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Invierno).

Chlorophyta fue la División con mayor abundancia de organismos para los dos puntos de muestreo de la laguna final de Macachín (Fig. 37 y 38).

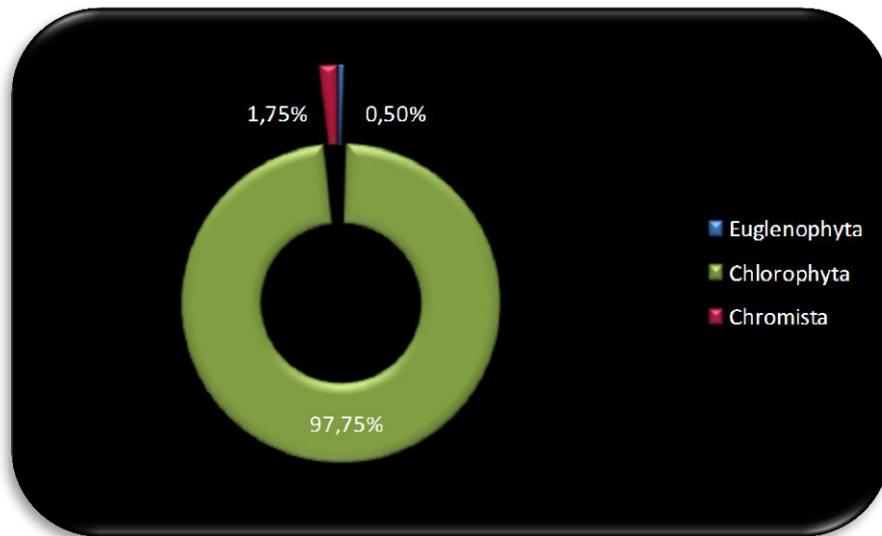


Fig. 37. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Invierno).

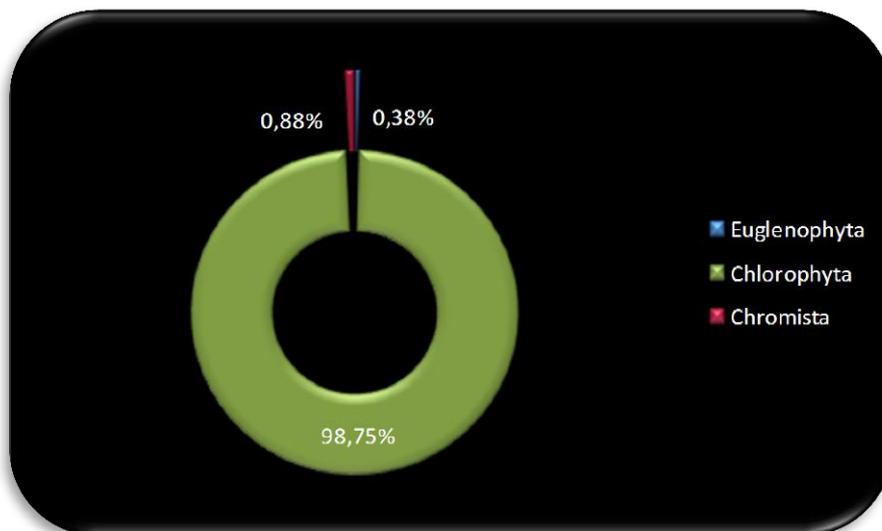


Fig. 38. Aporte de células por División, expresado en porcentaje (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Invierno).

Comparando con los estudios previos realizados en época invernal en diferentes lagunas de nuestra provincia, y los realizados en el presente trabajo, en cuanto a la presencia de cada División algal (teniendo en cuenta para ello, el número de especies que se encontró para cada una de las

mismas), se pudo observar que la División Chlorophyta predominó al 100% en los dos puntos muestreados en General Acha, mientras que para Macachín las Divisiones Chlorophyta, Euglenophyta y Chromista tuvieron igual predominio con un 33,33% cada una. Los estudios previos por su parte, mostraron predominancia decreciente en el siguiente orden: Chlorophyta, Cyanophyta, Chromophyta y Euglenophyta (esta última con muy bajo aporte).

Los datos obtenidos en el **muestreo de Primavera**, se detallan a continuación en las tablas 10 y 11:

Tabla 10. Datos del muestreo de Primavera en Laguna de estabilización (General Acha).

Lugar de muestreo	Punto de muestreo	Fecha y hora	Ubicación GPS	Temperatura	PH
General Acha	1 (Laguna de estabilización-ingreso efluente)	28-09-2015/11:30	S.37°23'19,9" W.064°33'13,3"	14	7,1
General Acha	2 (Laguna de estabilización-salida efluente)	28-9-2015/11:55	S.37°23'21,5" W.064°33'02,9"	14	7,1

El valor de DBO obtenido en estudios previos realizados en la laguna final de General Acha en época primaveral fue de 132 mg/l (dato suministrado por el Laboratorio de Aguas de la Provincia de La Pampa). El valor de dicho parámetro obtenido en el presente muestreo fue de 88 mg/l (valores superiores a los establecidos por Decreto Provincial N° 2793/06).

Tabla 11. Datos del muestreo de Primavera en Laguna secundaria (Macachín).

Lugar de muestreo	Punto de muestreo	Fecha y hora	Ubicación GPS	Temperatura	PH
Macachín	3 (Laguna secundaria-ingreso efluente)	28-09-2015/13:30	S.37°11'48,5" W.063°40'10,2"	16	7,7
Macachín	4 (Laguna secundaria-salida efluente)	28-09-2015/13:50	S.37°11'48,4" W.063°40'04,7"	16	7,7

El valor de DBO obtenido en estudios previos realizados en la laguna final de Macachín en época primaveral fue de 106 mg/l (dato suministrado por el Laboratorio de Aguas de la Provincia de La Pampa). El valor de dicho parámetro obtenido en el presente muestreo fue de 120 mg/l (valores superiores a los establecidos por Decreto Provincial N° 2793/06).

La Tabla 12 muestra los taxa identificados en el material recolectado en ambas lagunas.

Tabla 12. Total de taxa identificados en todos los puntos de muestreo. X: indica presencia de la especie en el sitio.

División	Especies	Laguna final de Gral. Acha		Laguna final de Macachín	
		Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
Chlorophyta	<i>Chlamydomona ehrenbergi</i>	X	X	X	X
Cyanophyta	<i>Merismopedia sp.</i>			X	X

Al igual que en el muestreo de invierno, en General Acha las muestras fueron mono-específicas tanto en el ingreso como en la salida de la laguna final, correspondiendo el 100% de las algas encontradas a la especie *Chlamydomona ehrenbergi* (Chlorophyta). Por este motivo, no se presentarán gráficos en este caso.

En Macachín la riqueza de especies encontradas por división fue igual (50%) para Chlorophyta y Cyanophyta (Fig. 39), en el ingreso y en la salida del efluente de la laguna final.

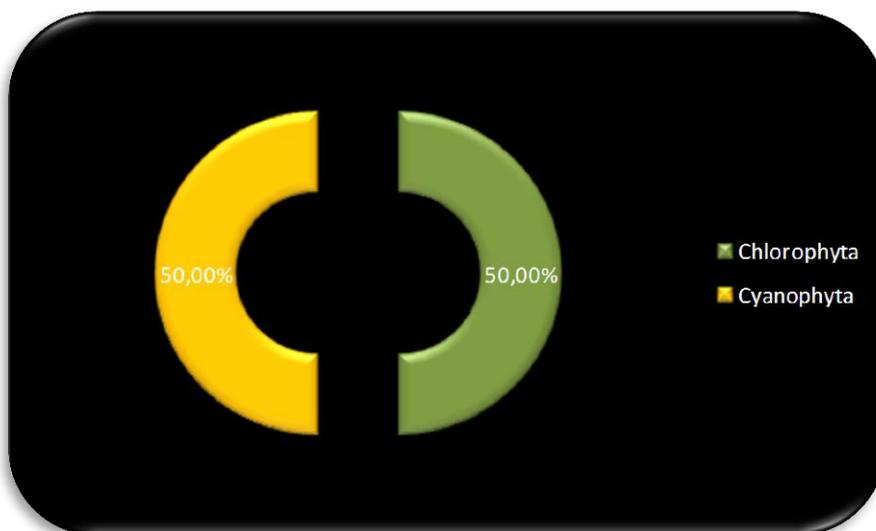


Fig. 39. Distribución porcentual por División de las especies halladas- (ingreso y salida del efluente de la laguna final-Macachín, Primavera).

Los resultados del conteo celular de las diferentes especies presentes en cada muestra, para calcular la abundancia relativa de las mismas en el ingreso y salida del efluente en la laguna final de Macachín se detallan a continuación.

*Chlamydomona ehrenbergi* fue otra vez la especie que predominó notoriamente en los puntos de ingreso y salida del efluente en la laguna final (Fig. 40 y 41).

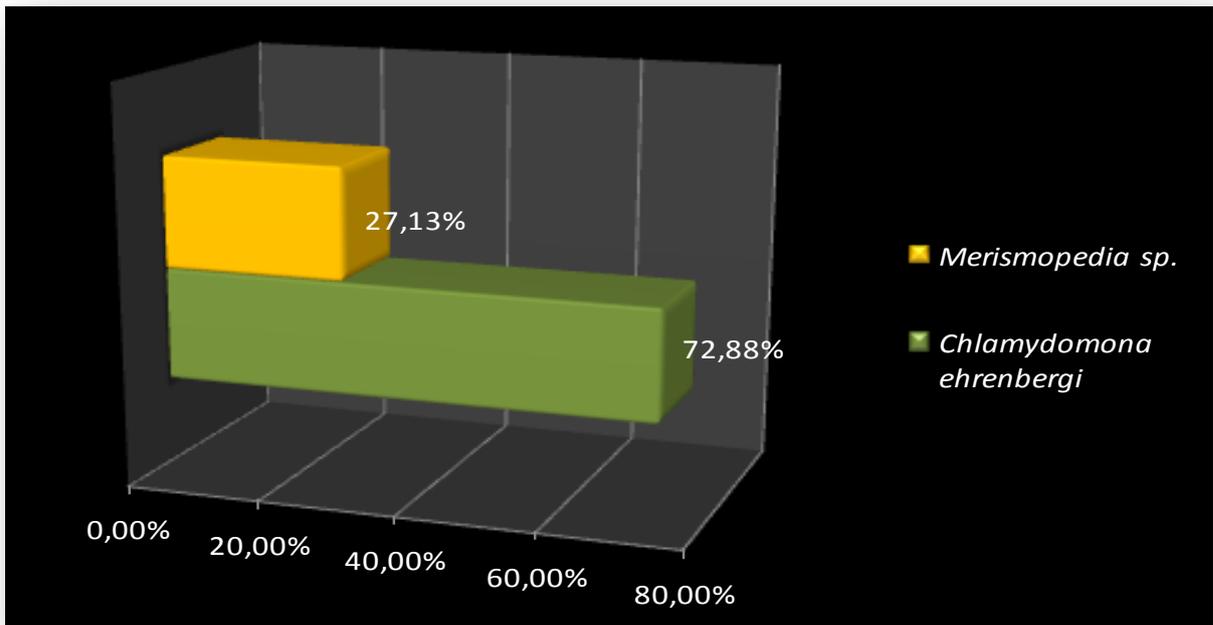


Fig. 40. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Primavera).

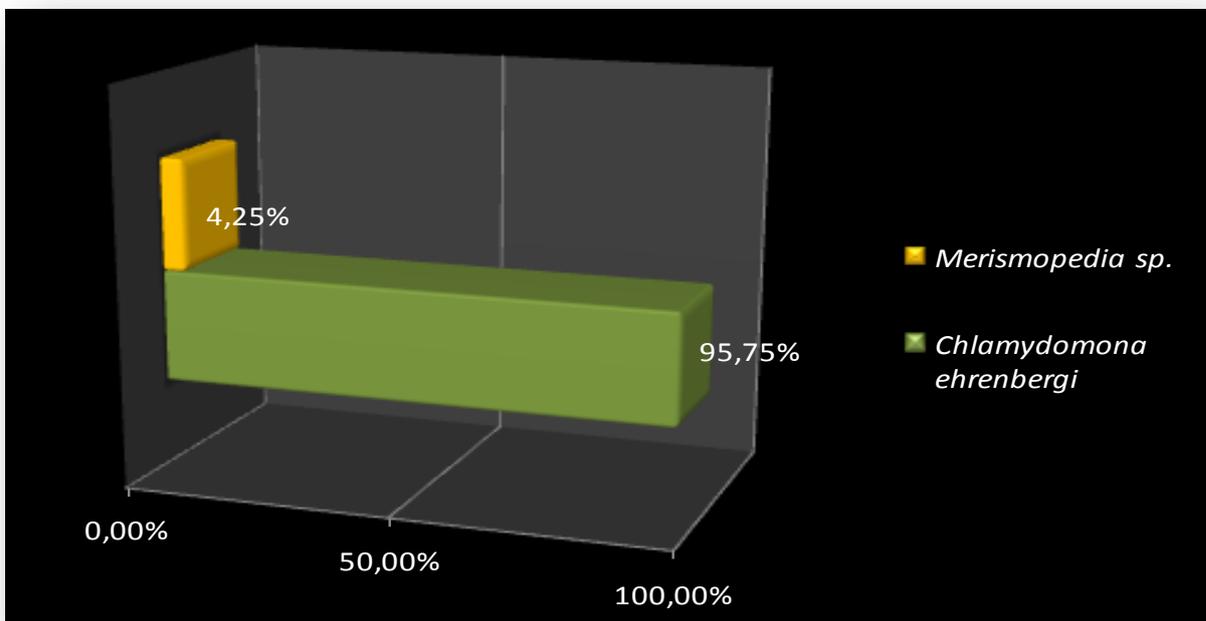


Fig. 41. Porcentaje de células presentes por especies identificadas- (salida del efluente de la laguna final-Macachín, Primavera).

Chlorophyta fue la División con mayor abundancia de organismos en primavera, para los dos puntos de muestreo de la laguna final de Macachín (Fig. 42 y 43).

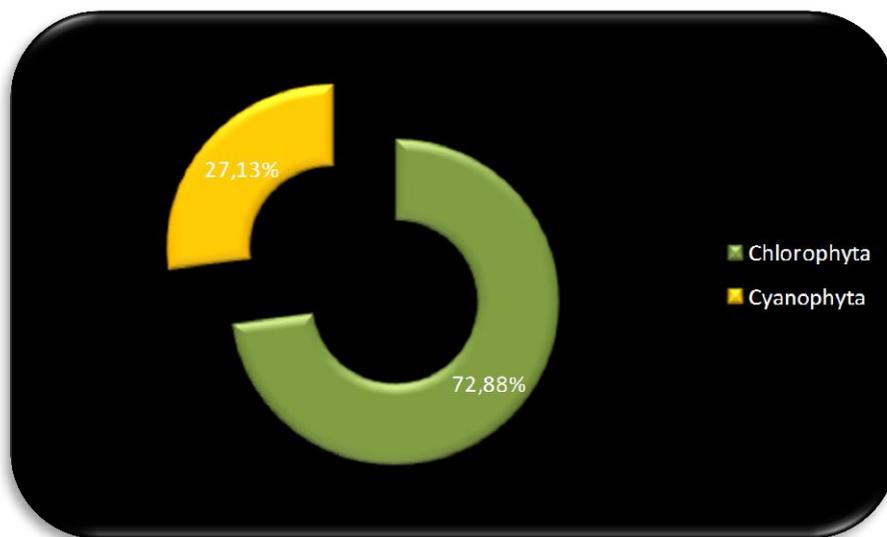


Fig. 42. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Primavera).

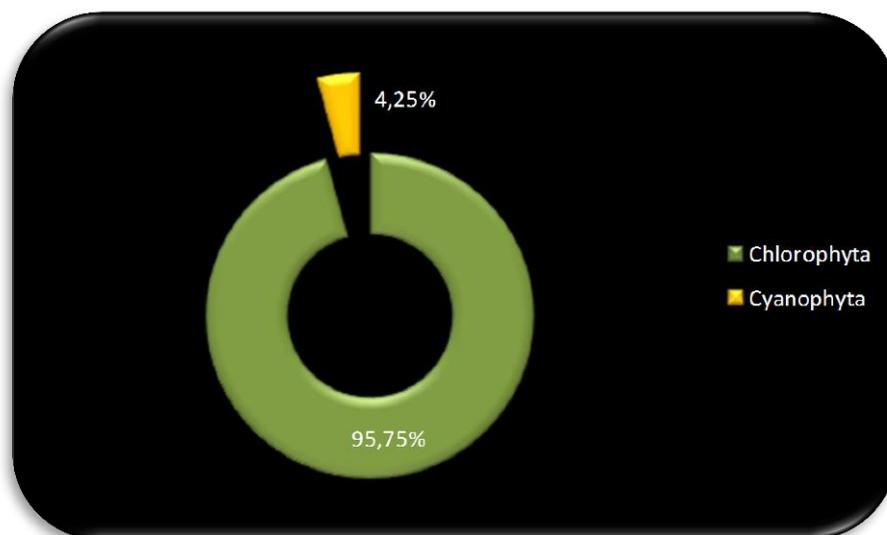


Fig. 43. Aporte de células por División, expresado en porcentaje- (ingreso del efluente a la laguna final-Macachín, Primavera).

Comparando con los estudios previos realizados durante la estación de primavera en diferentes lagunas de nuestra provincia, y los realizados en el presente trabajo, en cuanto a la presencia de cada División algal (teniendo en cuenta para ello, el número de especies que se encontró para cada una de las mismas), se pudo observar que la División Chlorophyta volvió a

predominar al 100% en los dos puntos muestreados en General Acha, mientras que para Macachín las Divisiones Chlorophyta y Cyanophyta tuvieron igual predominio con un 50% cada una. Los estudios previos por su parte, mostraron otra vez predominancia decreciente de: Chlorophyta, Cyanophyta, Chromophyta y Euglenophyta (esta última con muy bajo aporte).

A lo largo de todos los muestreos, se identificaron en total 23 algas diferentes (de las cuales se llegó a la identificación específica de 20 de ellas, y solo hasta el nivel de género para las 3 restantes), todas capaces de vivir en cuerpos de agua con alta carga orgánica, como es el caso de las lagunas finales de las plantas de tratamientos de efluentes cloacales de General Acha y Macachín (ver Anexo). A continuación se pueden observar dos tablas (13 y 14) que mencionan toda la diversidad encontrada a lo largo de este proyecto, y cuyos campos se encuentran rellenos con aquellas especies halladas en cada sitio y momento de muestreo, con sus respectivas abundancias relativas.

Tabla 13. Algas encontradas en lagunas finales de General Acha.

División	Especie	GENERAL ACHA							
		VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
		Ingreso	Salida	Ingreso	Salida	Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
Euglenophyta	<i>Euglena hemicromata</i>		0,1%	43,1%	20,9%				
	<i>Lepocinclis salina</i>								
	<i>Lepocinclis texta</i>								
	<i>Phacus dangeardii</i>	0,1%							
	<i>Phacus longicauda</i>	0,5%	0,4%	1,5%	2,3%				
Chlorophyta	<i>Actinastrum hantzschii</i>	0,9%							
	<i>Chlamydomona ehrenbergi</i>					100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	16,1%	81,5%	13,8%	58,3%				
	<i>Golenkinia radiata</i>	0,3%	0,1%						
	<i>Gonium cf. pectorale</i>	30,9%							
	<i>Micractinium pusillum</i>	7,4%	6,3%						
	<i>Monoraphidium komarkovae</i>	1,4%	2,5%		1,3%				
	<i>Oocystis borgei</i>	18,9%	0,1%						
	<i>Pandorina morum</i>	10,1%		35,5%	13,4%				
	<i>Scenedesmus intermedius</i>	3,5%	0,9%						
	<i>Scenedesmus nanus</i>	3,5%	2,5%						
	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	5,9%	5,0%						
	<i>Volvox sp.</i>								
Chromista	<i>Nitzschia palea</i>	0,4%			1,1%				
	<i>Nitzschia cf. Umbonata</i>								
	<i>Gomphonema parvulum</i>		0,1%						
Cyanophyta	<i>Chroococcus sp.</i>	0,3%	0,5%	6,1%	2,9%				
	<i>Merismopedia sp.</i>								

Tabla 14. Algas encontradas en lagunas finales de Macachín.

MACACHÍN									
División	Especie	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
		Ingreso	Salida	Ingreso	Salida	Ingreso	Salida	Ingreso	Salida
Euglenophyta	<i>Euglena hemicromata</i>	1,5%				0,5%	0,4%		
	<i>Lepocinclis salina</i>	0,5%							
	<i>Lepocinclis texta</i>	0,4%		0,8%					
	<i>Phacus dangeardii</i>	3,5%	1,0%						
	<i>Phacus longicauda</i>								
Chlorophyta	<i>Actinastrum hantzschii</i>								
	<i>Chlamydomona ehrenbergi</i>					97,8%	98,8%	65,5%	97,4%
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>		33,0%	1,6%					
	<i>Golenkinia radiata</i>	0,1%							
	<i>Gonium cf. pectorale</i>			2,9%	7,0%				
	<i>Micractinium pusillum</i>	92,3%	38,0%						
	<i>Monoraphidium komarkovae</i>	0,4%							
	<i>Oocystis borgei</i>								
	<i>Pandorina morum</i>			74,6%	92,0%				
	<i>Scenedesmus intermedius</i>								
	<i>Scenedesmus nanus</i>								
	<i>Scenedesmus opoliensis</i>								
	<i>Volvox sp.</i>	0,1%							
Chromista	<i>Nitzschia palea</i>			4,3%	1,0%	1,8%	0,9%		
	<i>Nitzschia cf. Umbonata</i>	1,3%							
	<i>Gomphonema parvulum</i>								
Cyanophyta	<i>Chroococcus sp.</i>								
	<i>Merismopedia sp.</i>		28,0%	14,9%				35,5%	2,6%

Observando ambas tablas, es evidente que la División Chlorophyta ha sido en todos los casos, la división que presenta mayor riqueza de especies y mayor abundancia de organismos con respecto al resto de las divisiones encontradas para lagunas de esta índole.

Con la idea de poder disponer de datos que nos brinden información global con respecto a la comunidad algal presente en estos cuerpos de agua, se calcularon dos índices: Índice de diversidad de Shannon-Wiener y el Índice de Saprobiedad.

El Índice de diversidad de Shannon-Wiener (Ec.1) contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Su unidad de medida se expresa como bits/cél. En los ecosistemas naturales este índice varía entre 0 y aproximadamente 5 (no presenta límite superior, sin embargo un ecosistema debe ser excepcionalmente rico para superar este último valor). Mayor valor del índice, indica mayor biodiversidad del ecosistema. Este índice fue calculado con el Software Past 3.x, y sus resultados podrán verse en las Tablas 15 y 16.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \quad [\text{Ec.1}]$$

Donde

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

S= número total de especies

P<sub>i</sub>= proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie)

n<sub>i</sub>= número de individuos de la especie *i*

N= número total de individuos

La “Saprobiedad” es un estado de la calidad del agua respecto al contenido de materia orgánica degradable, que se refleja en la composición de las especies de la comunidad. Una comunidad indica el nivel o grado sapróbico según su composición y desarrollo. Los organismos tienen diferentes respuestas frente al deterioro del ambiente por un largo tiempo: adaptarse y sobrevivir, tratar de escapar, formar estados de resistencia o morir. Debido a esta respuesta las especies pueden ser de gran valor como indicadores de contaminación. En el sistema de los saprobios cada especie posee un valor de índice sapróbico, para cuyo cálculo se tienen en cuenta determinadas variables que son características de la misma. Conociendo las especies presentes en una muestra y sus respectivos índices sapróbicos (obtenidos por tabla), se puede calcular el Índice Sapróbico para la muestra, “IS” (Ec. 2).

$$IS = \frac{\sum (h.G)}{\sum G} \quad [\text{Ec.2}]$$

Donde

IS: índice sapróbico para la muestra

S: índice sapróbico para cada especie

G: valor indicador de la especie

h: abundancia de la especie

De acuerdo al valor obtenido de IS, se puede asignar una categoría a la muestra según la siguiente escala:

IS= 0 Xenosaprobios o catarobios (agua pura)

IS= 1 Oligosaprobios (agua apenas contaminada)

IS= 2  $\beta$ - Mesosaprobio (agua moderadamente contaminada)

IS= 3  $\alpha$ - Mesosaprobio (agua muy contaminada)

IS > 3,5 Polisaprobios (agua fuertemente contaminada)

Este índice fue calculado en Excel utilizando aquellas especies presentes en cada muestra cuyos índices saprobios específicos pudieron ser obtenidos de tabla. Los resultados pueden observarse en las tablas 15 y 16.

Tabla 15. Índices de Diversidad de Shannon y Saprobiidad (General Acha).

ÍNDICES	ACHA.VI	ACHA.V.S	ACHA.OI	ACHA.OS	ACHA.II	ACHA.IS	ACHA.PI	ACHA.PS
DIVERSIDAD DE SHANNON	2,86	1,15	1,78	1,74	0	0	0	0
SAPROBIEDAD	2,42	2,13	2,05	2,13	3,15	3,15	3,15	3,15

Tabla 16. Índices de Diversidad de Shannon y Saprobiidad (Macachín).

ÍNDICES	MAC.VI	MAC.VS	MAC.OI	MAC.OS	MAC.II	MAC.IS	MAC.PI	MAC.PS
DIVERSIDAD DE SHANNON	0,57	1,64	1,28	0,45	0,17	0,11	0,94	0,18
SAPROBIEDAD	2,02	2,06	2,09	2,07	3,14	3,14	3,15	3,15

Donde

**Acha:** General Acha; **Mac:** Macachín; **VI:** Verano Ingreso (haciendo referencia al punto de ingreso del efluente a la laguna final); **VS:** Verano Salida (haciendo referencia al punto de salida del efluente de la laguna final); **OI:** Otoño Ingreso; **OS:** Otoño Salida; **II:** Invierno Ingreso; **IS:** Invierno Salida; **PI:** Primavera Ingreso; **PS:** Primavera Salida.

Los valores obtenidos con respecto al Índice de Diversidad de Shannon para las lagunas finales de General Acha y Macachín ponen a la vista una clara diferencia entre las estaciones de

Verano y Otoño con respecto a Invierno y Primavera, siendo las primeras las que presentan comunidades de algas más diversas. Esto puede verse claramente en el análisis de agrupamiento (Fig. 44) realizado entre las muestras analizadas, donde queda en evidencia una marcada estacionalidad con respecto a la composición fitoplanctónica entre las lagunas según la estación anual. Por otra parte el Índice de Saprobiedad arrojó valores que nos indican que estamos frente a muestras  $\beta$ - Mesosaprobias (agua moderadamente contaminada), y  $\alpha$ - Mesosaprobias (agua muy contaminada), propia de ambientes con alta mineralización por parte de organismos descomponedores y gran desarrollo de organismos fotosintetizadores, donde el agua presenta tonalidades verdes.

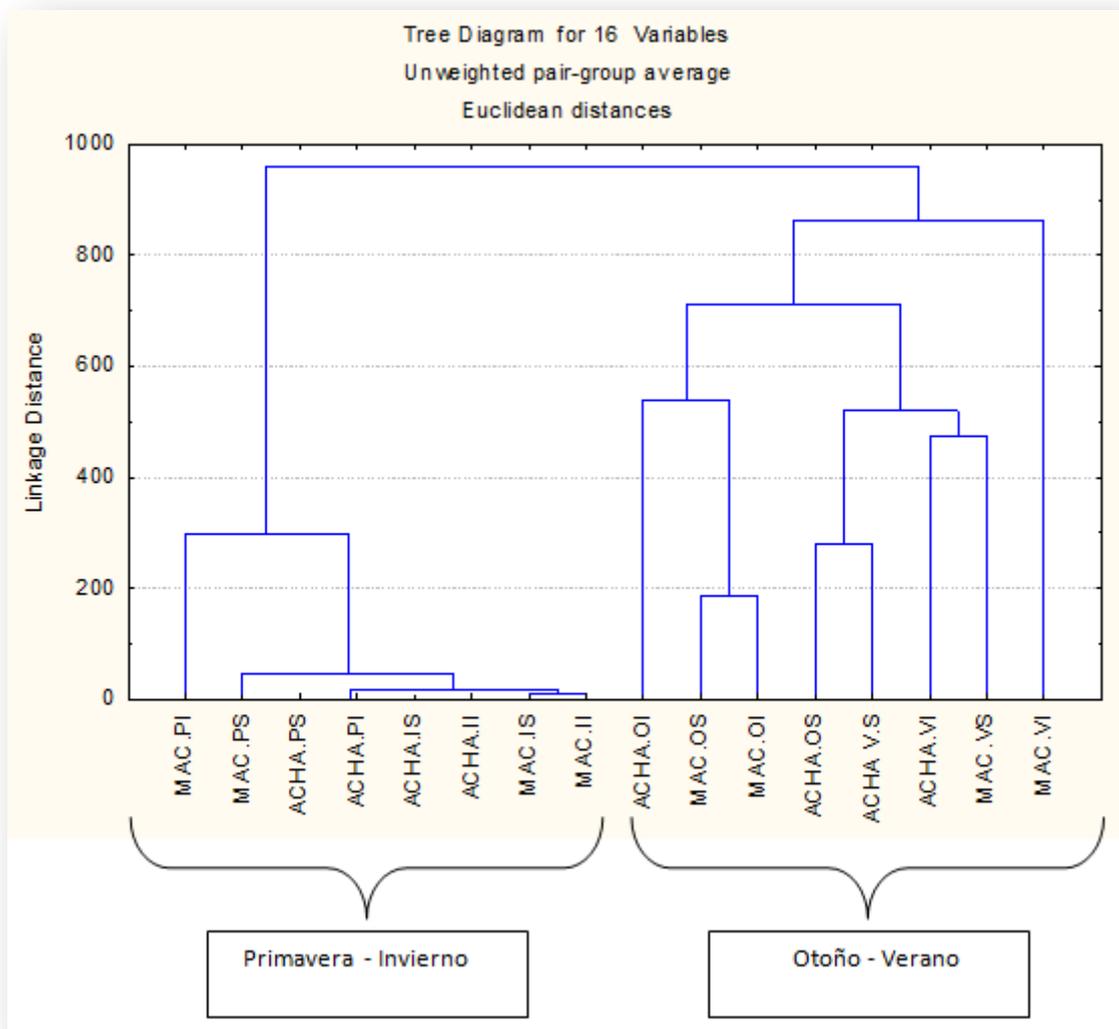


Fig. 44. Agrupamiento de muestras.

A lo largo de todo el período de muestreo, las variables físico-químicas presentaron los valores expresados en las Tablas 17 y 18, los cuales fueron representados gráficamente en las Figuras 45 y 46.

Tabla 17. Parámetros Físico-químicos (General Acha).

Variables FQ	ACHA.VI	ACHA.V.S	ACHA.OI	ACHA.OS	ACHA.II	ACHA.IS	ACHA.PI	ACHA.PS
TEMPERATURA	26	26	17	17	11	10	14	14
PH	7,4	7,4	7,3	7,1	7,5	7,7	7,1	7,1
DBO		177		188		154		88

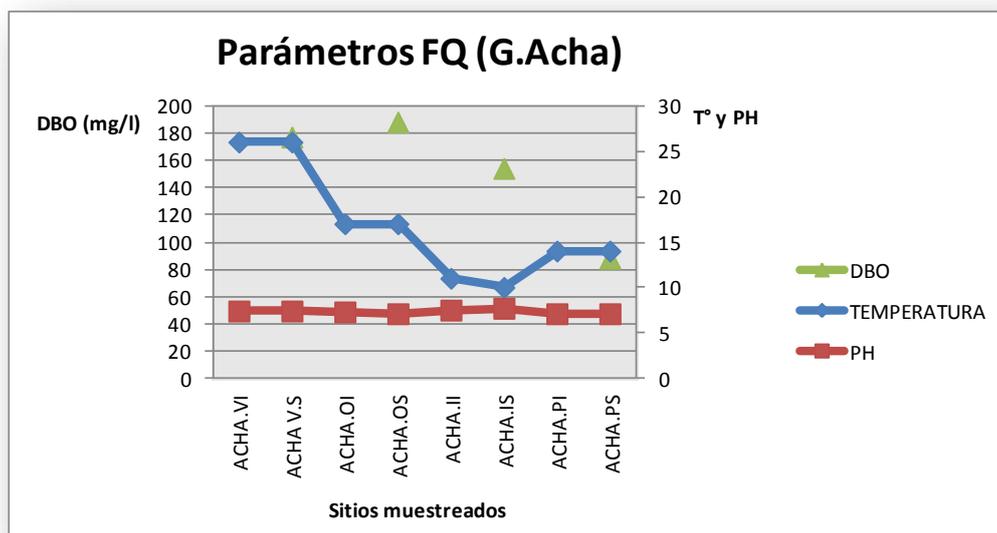


Fig. 45. Parámetros Físico-químicos (General Acha).

Tabla 18. Parámetros Físico-químicos (Macachín).

Variables FQ	MAC.VI	MAC.VS	MAC.OI	MAC.OS	MAC.II	MAC.IS	MAC.PI	MAC.PS
TEMPERATURA	26	25	19	19	12	11	16	16
PH	7,9	8,1	7,6	7,9	7,4	7,3	7,7	7,7
DBO		111		90		90		120

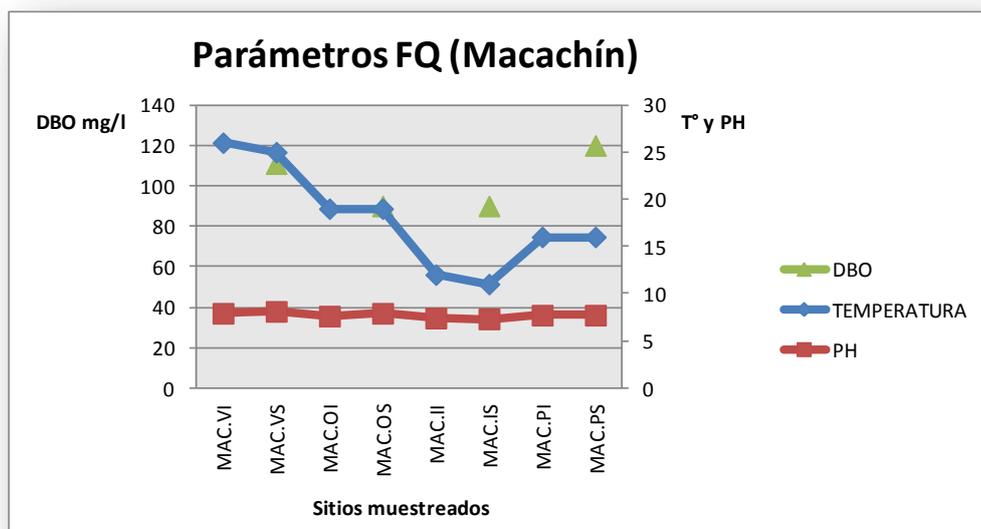


Fig. 46. Parámetros Físico-químicos (Macachín).

A grandes rasgos podemos observar que la temperatura y la DBO han presentado un comportamiento similar a través de las estaciones anuales, teniendo valores altos en verano, disminuyendo hacia otoño e invierno, y volviéndose a incrementar al comienzo de la primavera.

Finalmente y a los fines prácticos de este trabajo, se sintetizaron en dos tablas (19 y 20) los valores obtenidos de diversidad y DBO, y posteriormente se representaron en gráficos (47 y 48) para ambas localidades.

Tabla 19. Diversidad y DBO (General Acha).

Variables	ACHA.VI	ACHA.V.S	ACHA.OI	ACHA.OS	ACHA.II	ACHA.IS	ACHA.PI	ACHA.PS
DIVERSIDAD DE S-W	2,86	1,15	1,78	1,74	0	0	0	0
DBO		177		188		154		88

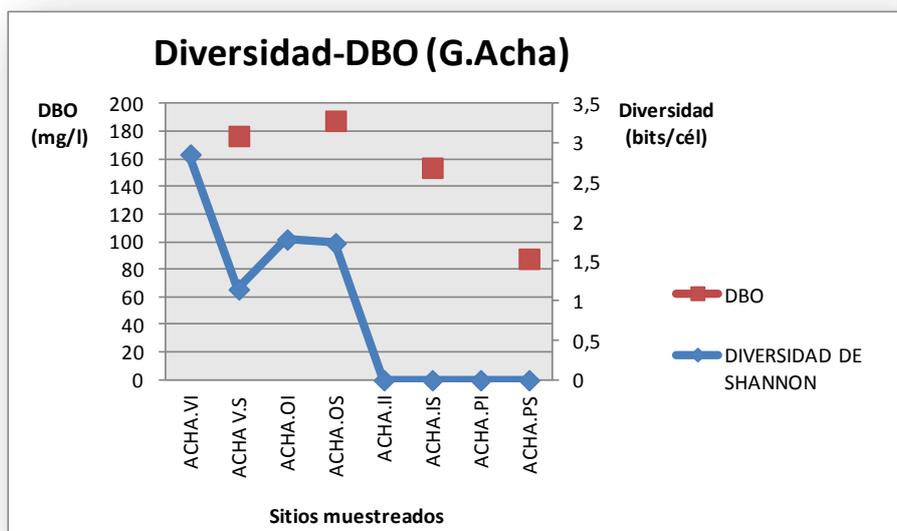


Fig. 47. Diversidad y DBO (General Acha).

Tabla 20. Diversidad y DBO (Macachín).

Variables	MAC.VI	MAC.VS	MAC.OI	MAC.OS	MAC.II	MAC.IS	MAC.PI	MAC.PS
DIVERSIDAD DE S-W	0,57	1,64	1,28	0,45	0,17	0,11	0,94	0,18
DBO		111		90		90		120

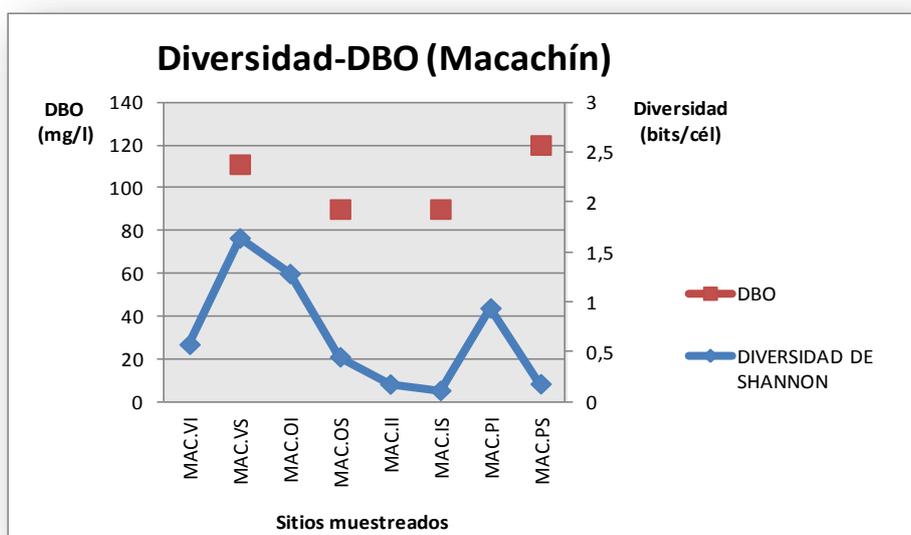


Fig. 48. Diversidad y DBO (Macachín).

Se puede ver que existe una correspondencia entre la variación de DBO y la Diversidad de especies, presentándose progresivamente menores valores de Diversidad específica a medida que disminuye la DBO según las estaciones anuales muestreadas.

#### **IV-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES DEL PROYECTO**

A pesar de las condiciones que pueda presentar un ambiente, siempre existen especies que logran adaptarse y sobrevivir en él. A lo largo de la realización de este proyecto se han podido identificar 23 especies de algas, que habitan en lagunas con alta carga orgánica como lo son las lagunas finales de las plantas de tratamiento de efluentes cloacales de General Acha y Macachín. A partir de los datos obtenidos en este proyecto, pudimos observar que la comunidad de algas fue variando a lo largo del año, principalmente afectada por los cambios de temperatura cuya disminución resultó en una menor riqueza de especies, mientras que los valores de PH se mantuvieron similares y por ende no se observó en esta ocasión ningún efecto de los mismos sobre el fitoplancton. Otra variable importante fue la DBO, cuyo rango de valores obtenidos en la laguna estudiada de General Acha fue de [88-188] mg/l, mientras que en la laguna de Macachín fue de [90-120] mg/l. Estos rangos de valores mencionados nos permiten conocer la tolerancia que presentan a altos contenidos de materia orgánica las especies que estuvieron presentes en cada ocasión de muestreo. También, analizando los gráficos, pudimos observar que la comunidad fitoplanctónica pareciera estar relacionada con este último parámetro ya que su diversidad presentó variaciones ante los cambios en los valores de DBO, disminuyendo sus valores cuando también lo hacía la DBO. Igualmente hay que tener presente que la respuesta de la comunidad fitoplanctónica en cuanto a su composición, se encuentra influenciada por varios factores que inciden al mismo tiempo, y por ello no significa que el aumento o disminución de una sola variable nos indique con precisión lo que sucede con la comunidad en estudio, pero sí nos puede dar una respuesta probablemente aproximada. En conclusión, a modo general la División Chlorophyta fue quien presentó mayor riqueza de especies, seguida en orden decreciente por Euglenophyta, Chromophyta y Cyanophyta. La División Chlorophyta también mostró superioridad en cuanto a abundancia relativa, seguida en este caso por Euglenophyta, Cyanophyta y Chromophyta. Sería óptimo la realización de otro estudio sobre estas lagunas, en primera instancia para poder comparar sus resultados con los del presente trabajo, y en segunda instancia para implementar en él un aumento en la periodicidad de los muestreos dentro de un límite de tiempo anual para obtener así un mayor número de muestras y por ende, mayor número de datos físico-químicos y biológicos (aplicando otras metodologías de cuantificación más precisas), con los cuales se pueda trabajar estadísticamente y aproximarse con mayor certeza a la realidad.

El presente trabajo aporta información valiosa desde el punto de vista ecológico, dando a conocer las especies fitoplanctónicas presentes en cuerpos de agua contaminados con alta carga de materia orgánica en la Provincia de La Pampa, y se considera que puede ser utilizado como referencia para futuros trabajos exploratorios y como base para aplicaciones de gestión ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, S. B. & Bazán, G. I., 2010. Ficocloras de una laguna de la región semiárida pampeana, Laguna La Brava (La Pampa, Argentina). En: M. G. Dalmaso, C. M. Camiletti & R. Hernández, eds. *Tercer Congreso Pampeano del Agua*. Santa Rosa: Base 1, pp. 121-126.
- Alvarez, S. B., Bazán, G. I. & Bernardos, J. N., 2009. Diversidad fitoplanctónica en los cuencos principal y norte de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). *Limnetica*, 28(2), pp. 253-260.
- Alvarez, S. B., Bazán, G. I. & Wenzel, M. T., 2000. Hormogonales (Cyanophyta) de la Laguna El Guanaco (La Pampa, Argentina). *Darwiniana*, 38(3-4), pp. 279-284.
- Bazán, G., Alvarez, S., Martín, M. & Bernardos, J., 2003. Análisis de la taxocenosis de la ficoflora de la Laguna El Ojo de Agua, Uriburu, La Pampa, Argentina. *Biología Acuática*, Issue 20, pp. 1-5.
- Bazán, G. I., Alvarez, S. B. & Martínez de Fabricius, A., 2011. Microalgas nuevas para Argentina en sistemas leníticos de la provincia de La Pampa. *Biológicas*, 13(1), pp. 34-43.
- Biasotti, A. E., 2000. [www.alihuen.org.ar](http://www.alihuen.org.ar). [En línea]  
Available at: <http://www.alihuen.org.ar/proyectos-alihuen/estudio-de-algas-de-la-laguna-la-querencia-2.html>  
[Último acceso: 2015].
- Curtis, H. & Barnes, S. N., 2000. *Biología*. Sexta edición ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Guarrera, S., Cabrera, S., López, F. & Tell, G., 1968. Fitoplancton de las aguas superficiales de la Provincia de Buenos Aires I. Área de la pampa deprimida. *Revista del Museo de La Plata*, 10(49), pp. 223-331.
- Guarrera, S., Malacalza, L. & López, F., 1972. Fitoplancton de las aguas superficiales de la Provincia de Buenos Aires II. Complejo lagunar Salada Grande; Encadenadas del Oeste y Encadenadas del Sur. *Revista Museo de La Plata*, 13(67), pp. 161-219.
- Luque, M. E. & Martínez de Fabricius, A. L., 2003. Distribución temporal del fitoplancton y epilíton en el río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Limnetica*, 22(3-4), pp. 19-34.
- Maidana, N. I. & Romero, O. E., 1995. Diatoms from the hypersaline La Amarga lake (La Pampa, Argentina). *Cryptogamie*, 16(3), pp. 173-188.
- Novoa, M., de Fabricius, A. L. M., Luque, M. E. & Lombardo, D. M., 2011. Distribución temporal del fitoplancton en un lago urbano del centro de Argentina (Río Cuarto, Córdoba). *Biológicas*, 13(2), pp. 1-14.
- Ospina Alvarez, N. & Peña, E. J., 2004. Alternativas de monitoreo de calidad de aguas: algas como bioindicadores. *Acta Nova*, 2(4), pp. 513-517.
- Pérez Hechavarría, E., Comas González, A., San Pedro Miralles, A. & Vetía Candó, E., 2003. Métodos biológicos para el monitoreo de aguas superficiales. Su aplicación en el Río San Juan. *Tecnología Química*, 23(3-4), pp. 35-44.

Poulicková, A., Duchoslav, M. & Dokulil, M., 2004. Littoral diatom assemblages as bioindicators of lake trophic status: A case study from perialpine lakes in Austria. *European Journal of Phycology*, Volumen 39, pp. 143-152.

S.R.H, S. d. R. H. d. I. P. d. L. P., Municipalidad, d. S. R. & Municipalidad, d. T., 2014. *www.lapampa.gov.ar*. [En línea]

Available at:

[http://www.lapampa.gov.ar/images/stories/Archivos/RecursosHidricos/MONITOREO\\_HIDRICO\\_Y\\_ECObIOL OGICO\\_DE\\_LAGUNA.pdf](http://www.lapampa.gov.ar/images/stories/Archivos/RecursosHidricos/MONITOREO_HIDRICO_Y_ECObIOL OGICO_DE_LAGUNA.pdf)

[Último acceso: 2015].

Seeligmann, C., Tracanna, B. C., Martínez De Marco, S. & Isasmendi, S., 2001. Algas fitoplanctónicas en la evaluación de la calidad del agua de sistemas lóticos en el noreste argentino. *Limnetica*, 20(1), pp. 123-133.

Streble, H. & Krauter, D., 1987. *Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce*. Edición española ed. Barcelona: Ediciones Omega S.A..

### **Páginas web consultadas**

- <http://www.smn.gov.ar/>
- <http://www.apa.lapampa.gov.ar/>
- <http://www.policia.lapampa.gov.ar/>

### **Programa utilizado**

- Google Earth
- Microsoft Excel
- Past 3.x

## ANEXO: FOTOGRAFÍAS



**1- Euglenophyta- Euglena hemicromata. Aumento aprox. x 400**



**2- Euglenophyta- Lepocinclis salina. Aumento aprox. x 600**



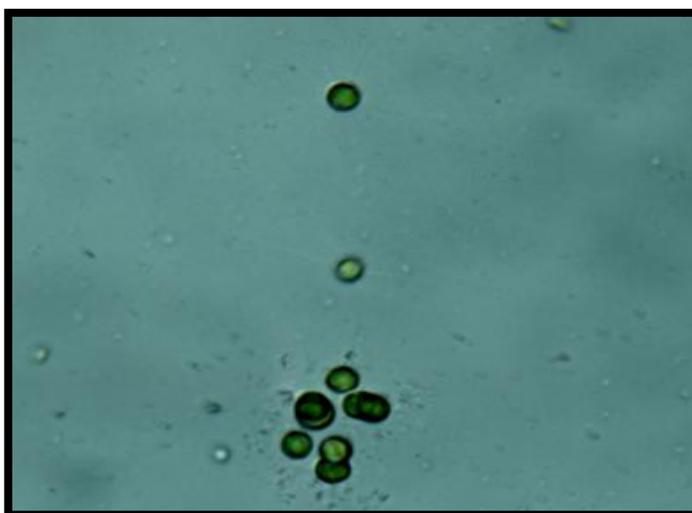
**3- Euglenophyta- Phacus longicauda. Aumento aprox. x 600**



**4- Chlorophyta- Actinastrum hantzschii. Aumento aprox. x 400**



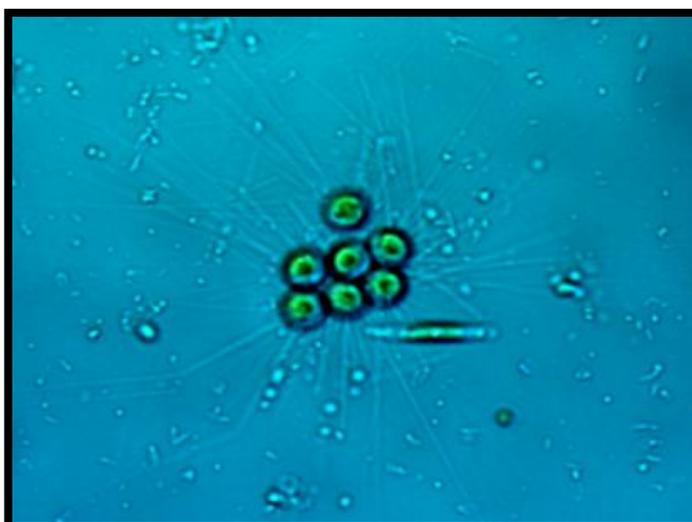
**5- Chlorophyta- Chlamydomona erhenbergi. Aumento aprox. x 600**



**6- Chlorophyta- Dyciophaeerium pulchellum. Aumento aprox. x 600**



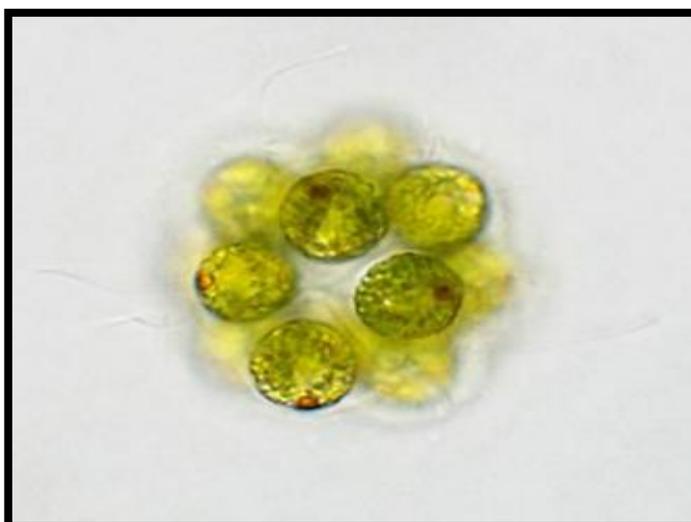
**7- Chlorophyta- Gonium cf. Pectorale. Aumento aprox. x 600**



**8- Chlorophyta- Microactynium pusillum. Aumento aprox. x 600**



**9- Chlorophyta- *Monoraphidium komarkovae*. Aumento aprox. x 400**



**10-Chlorophyta- *Pandorina morum*- Aumento aprox. x 1000**



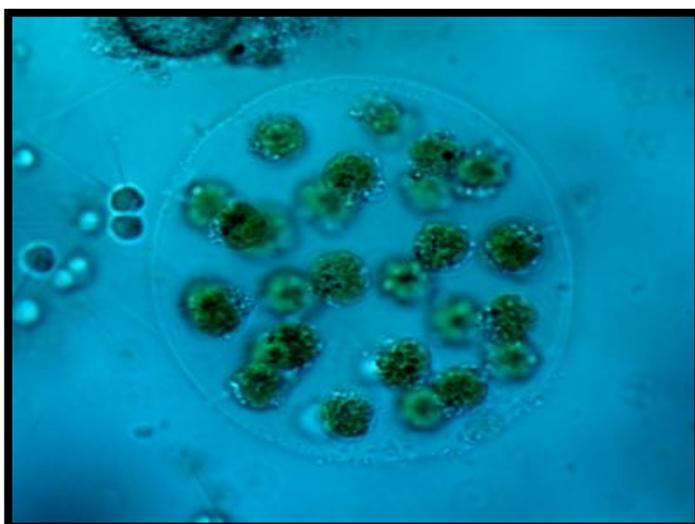
**11- Chlorophyta- Scenedesmus intermedius. Aumento aprox. x 600**



**12- Chlorophyta- Scenedesmus nanus. Aumento aprox. x 600**



**13- Chlorophyta- Scendesmus opoliensis. Aumento aprox. x 600**



**14- Chlorophyta- Volvox sp. Aumento aprox. x 600**



**15- Chromista- Nitzschia palea. Aumento aprox. x 600**



**16- Panorámica. Aumento aprox. x 400**