



FACULTAD DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

Universidad Nacional de La Pampa

---

**“ESTADO TRÓFICO Y VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL  
DEL FITOPLANCTON DE UNA LAGUNA PERIURBANA:  
LAGUNA DON TOMÁS (SANTA ROSA, LA PAMPA)”**

Monteyro, Manuela

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

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2021

## **PRÓLOGO**

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar el 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 Introducción a la Biología de Microorganismos, Protistas y Hongos, dependiente del Departamento de Ciencias Biológicas, durante el período comprendido entre el 17 de Mayo de 2019 y 21 de Octubre de 2021 bajo la dirección de la Dra. Andrea Emilia Biasotti y la codirección de la Dra. María José Galea.



12 de Octubre de 2021

Manuela Monteyro

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, por permitirme el acceso a una educación superior gratuita y de calidad, para que pueda formarme académicamente.

A la Dra. Graciela Bazán, por ser una gran profesora y brindarme sus saberes a lo largo de la carrera, a la Dra. María José Galea por la buena onda y amabilidad que siempre tiene y por aceptar ser la co directora de esta tesina. A la Dra. Andrea Biasotti especialmente no solo por ser la directora de mi tesina, sino por brindarme su tiempo y consejo, cada vez que lo necesitaba, junto con su cariño y apoyo.

A mi compañera de carrera Camila, por compartir todos estos años de carrera con momentos tanto alegrías como de tristeza, y por darme un empujón cada vez que lo necesitaba.

A mis padres por darme todo lo que necesitaba para poder estudiar, apoyarme incondicionalmente en todas las decisiones que tome y brindarme su cariño, especialmente a mi mamá ya que nunca permitió que me rindiera. A mi hermana por su apoyo y por siempre levantarme el ánimo con su alegría.



12 de Octubre de 2021

Manuela Monteyro

## **RESUMEN**

Esta tesina forma parte de un proyecto general que abarca el estudio de la dinámica de las algas en sistemas leníticos de la provincia de La Pampa. El objetivo de este trabajo es conocer la riqueza fitoplanctónica de la laguna periurbana Don Tomás, su distribución espacio-temporal y determinar el estado trófico actual. En el Parque Recreativo Don Tomás, localizado al oeste de la ciudad de Santa Rosa (36°37'11"S - 64°18'57"O), se encuentra una laguna somera, semipermanente cuya superficie depende del régimen de lluvias y los desagües pluviales de la ciudad. Las muestras biológicas fueron colectadas estacionalmente durante el período mayo 2019 - febrero 2020, siguiendo las técnicas convencionales y se registraron, *in situ*, variables físico-químicas. La riqueza específica de la taxocenosis fitoplanctónica fue de 78 taxa pertenecientes a las Clases Cyanophyceae (20), Chlorophyceae (44), Bacillariophyceae (10) y Euglenophyceae (4), con mayor riqueza en primavera-verano. *Planktothrix agardhii*, *Leptolyngbya tenuis* y *Actinastrum raphidioides*, estuvieron presentes en todo el ciclo anual. Los índices de Nygaard permitieron caracterizar a la laguna Don Tomás como un cuerpo de agua eutrófico. La saprobiedad obtenida según el método de Pantle & Buck de 2,4 ubica al cuenco en el rango  $\beta$ -mesosapróbico indicando aguas de contaminación moderada y una similitud de  $S = 0,86$  según Bray-Curtis, entre los cuatro sitios, durante el período muestreado.

## **SUMMARY**

This thesis is part of a general project that includes the study of the dynamics of algae in lenithic systems in the province of La Pampa. The objective of this work is to get to know the phytoplankton richness of the Don Tomás peri-urban lagoon, its spatio-temporal distribution and also to determine the current trophic state. In the Don Tomás Recreational Park, located west of the city of Santa Rosa ( $36^{\circ} 37'11''$  S -  $64^{\circ} 18'57''$  W), there is a shallow, semi-permanent lagoon which surface depends on the rainfall regime and the city storm drains. Biological samples were collected seasonally during the period May 2019 - February 2020, following conventional techniques and physicochemical variables which were recorded *in situ*. The specific richness of the Phytoplankton taxocenosis was 78 taxa belonging to the Classes Cyanophyceae (20), Chlorophyceae (44), Bacillariophyceae (10) and Euglenophyceae (4), with higher specific richness in the spring-summer. *Planktothrix agardhii*, *Leptolyngbya tenuis* and *Actinastrum raphidioides* were present throughout the annual cycle. The Nygaard indices made it possible to characterize the Don Tomás lagoon as an eutrophic body of water. The saprobidity obtained according to the Pantle & Buck method was of 2.4, placing the lagoon in the  $\beta$ -mesosaprobic range, indicating moderately polluted waters and according to Bray-Curtis, a similarity of  $S = 0.86$  between the four sites, during the sampled period.

## INDÍCE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS.....	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
4. RESULTADOS.....	13
5. DISCUSIÓN.....	26
6. CONCLUSIONES.....	28
7. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	29
8. ANEXO.....	38

## **INTRODUCCIÓN**

La Argentina cuenta con una importante diversidad de lagunas, que en la planicie Pampeana incluidos los lagos urbanos, cubren 100.000 km<sup>2</sup> de superficie de humedales, una de las zonas más importante de América del Sur (Quiros, 2005; Taborda et al., 2017).

Los lagos y lagunas urbanos son cuerpos de agua que se encuentran vinculados a ciudades, por lo general poseen poca profundidad, son artificiales, y la mayoría son hipertróficos (Birch & McCaskie, 1999). Presentan un carácter polimíctico debido a la escasa profundidad que no permite la estratificación térmica, así como presencia de biomasa en todos los niveles tróficos y altas tasas de producción primaria y secundaria (Echaniz et al., 2008). Son beneficiosos para la población al almacenar agua, recarga y descarga de las aguas subterráneas, retención de nutrientes, sedimentos y sustancias contaminantes, y estabilización de las condiciones climáticas locales, en particular la precipitación y la temperatura (Lambert, 2003). Son importantes ecosistemas donde se encuentran especies que no habitan en otra parte del territorio, lo cual es muy valioso para la conservación de la biodiversidad. Permiten el contacto del público con la naturaleza, a través del cual se pueden incrementar las acciones de conservación y protección ambientales, sin dejar de considerar la mejora en la calidad de vida urbana no solo por su valor estético y recreacional, sino su contribución en la mitigación del clima urbano (Vignatti et al., 2018). Sin embargo, al estar en contacto con las personas, están sujetos a impactos ambientales cada vez más negativos. Suelen verse afectados por la fragmentación de hábitat y la contaminación que genera la ciudad que lo rodea (Gianello et al., 2019).

El enriquecimiento excesivo en nutrientes de las aguas superficiales conduce a un cambio de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y al deterioro de la calidad del agua. Entre dichos cambios se destaca el dominio por parte del fitoplancton, principalmente las cianobacterias (Bohn et al., 2012). En función de la composición de la comunidad, se puede ver el grado de afectación de un lago por la presencia de una ciudad en su entorno. Las poblaciones que se pueden evaluar de manera más rápida como indicadores, son las que conforman el plancton debido a que responden rápidamente a los cambios ecológicos, a sus rápidas tasas de crecimiento y permiten detectar cualquier posible alteración en la calidad del agua (Sahoo et al., 2017).

El estado trófico de un lago depende principalmente de la carga de nutrientes, de su morfometría y del tiempo de permanencia del agua en el mismo. En las lagunas pampeanas, las cargas de nutrientes desde las zonas agropecuarias y urbanas, hace que sea

la luz y no los nutrientes, el factor que establece el predominio de un grupo u otro de organismos fotosintéticos (algas o macrófitas) (Sosnovsky & Quiros, 2006; Grosman, 2008). Actualmente, el estado de gran parte del humedal pampeano es de lagunas “turbias” altamente eutrofizadas, con una baja transparencia del agua, condiciones en las que el fitoplancton pasa a ser dominante mientras que el desarrollo de macrófitas es escaso.

Las condiciones en un lago dentro de un ciclo anual, se modifican siguiendo un patrón regular, mientras que las comunidades algales están sometidas a una sucesión estacional (Novoa et. al., 2006). La dinámica de esta sucesión estacional, guarda relación con distintos factores, tales como temperatura, nutrientes, pH y conductividad (Margalef, 1983; Bazán, 2010).

El uso de bioindicadores basados en la identificación y estructura de las comunidades de microorganismos que habitan los diferentes sistemas acuáticos, son una eficaz herramienta para evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Debido a las características de los grupos algales, distribución ubicuitaria, elevado número de especies, capacidad para colonizar diferentes ambientes y sus respuestas a cambios del entorno, son considerados como valiosos indicadores de la calidad del agua e importantes referentes geoambientales (Bellinger & Sigee, 2010). Por ello, se emplea la comunidad fitoplanctónica para buscar una aproximación al estado actual de los humedales estudiados a través de la bioindicación aportada por las microalgas, con énfasis en el estado trófico entre ellas las Cyanophyceae, Chlorophyceae y Bacillariophyceae (Vásquez et al., 2006; Bazán, 2010; Biasotti et al., 2013; Galea et al., 2014).

Los estudios que se han realizado en los lagos urbanos son escasos, se han enfocado principalmente en aspectos sanitarios y en menor medida en limnología y manejo. Debido a la reducción de humedales naturales en la región pampeana, existe una necesidad creciente de considerar estos ambientes antrópicos como sitios susceptibles de ser protegidos siendo fundamental conocer su estado ambiental y la biodiversidad que albergan, para poder llevar a cabo un manejo sustentable (Bianchi et al., 2003).

Los monitoreos de ambientes acuáticos en nuestro país se basaron principalmente en la valoración fisicoquímica y bacteriológica del agua. Los estudios respecto a la comunidad fitoplanctónica estuvieron centrados en relacionar sus cambios espaciales y temporales con las variables abióticas. En la provincia de La Pampa los principales estudios sobre las comunidades son llevados a cabo por investigadores de la UNLPam, incrementando el número de nuevos registros para el país, incorporando datos taxonómicos, bioecológicos e

inventarios florísticos. En la actualidad, no se ha estudiado la totalidad de los cuerpos de agua que conforman los humedales de la provincia y falta información para conocer las características e interacciones tróficas propias de cada uno. Esta falta de información, dificulta el establecer las funciones, atributos y aportes a la conservación de la diversidad que poseen los lagos urbanos.

La riqueza específica que conforma cada grupo algal, puede reflejar la presencia de contaminantes, especialmente nutrientes que causan un aumento en la abundancia de determinadas especies tolerantes y una disminución en las especies sensibles (Abonyi et al., 2018). Las algas fitoplanctónicas azul-verdosas y verdes son bioindicadoras de ecosistemas en estado de meso a eutrofia, mientras que las euglenofitas se encuentran comúnmente en cuerpos de agua ricos en materia orgánica (Vásquez et al., 2006).

El presente Plan de Tesina tiene como objetivo estudiar la comunidad algal en la laguna Don Tomás (Provincia de La Pampa), caracterizar esta comunidad, evaluar su diversidad, y composición a lo largo del tiempo.

### **Hipótesis:**

- La composición y distribución de las comunidades algales presenta fluctuaciones estacionales a lo largo de un ciclo anual.
- Los factores físico-químicos y ambientales influyen sobre la composición y distribución espacio-temporal de las comunidades algales.

### **Objetivo general:**

- Conocer y categorizar las comunidades algales de la laguna Don Tomás (Santa Rosa, La Pampa).

### **Objetivos específicos:**

- Conocer la ficoflora de los diferentes sitios de muestreo de la laguna Don Tomás.
- Determinar la riqueza específica y la distribución espacio-temporal de la ficoflora estudiada durante un ciclo anual.
- Determinar el estado trófico de la laguna Don Tomás.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El Parque Recreativo Don Tomás se localiza al oeste de la ciudad de Santa Rosa (36°37'11"S, 64°18'57"O), capital de la provincia de La Pampa, en el cual se encuentra un lago somero de 135 ha de superficie y una profundidad de 2,3 m (Echaniz et al., 2008). La Laguna Don Tomás (figura 1) es elongada en sentido N-NO y E-SE, y se halla circundada por una suave pendiente meridional de 1,5% de gradiente y una septentrional de inclinación mayor, aproximadamente 5%, ambas de configuración convexa (Álvarez et al., 2009). Debido a la construcción del Parque Recreativo se fragmentó el cuenco original; actualmente está subdividida en un cuenco mayor permanente y tres de menor tamaño semipermanentes que dependen del régimen de lluvias y desagües pluviales de la ciudad (Pilati et al., 2009).

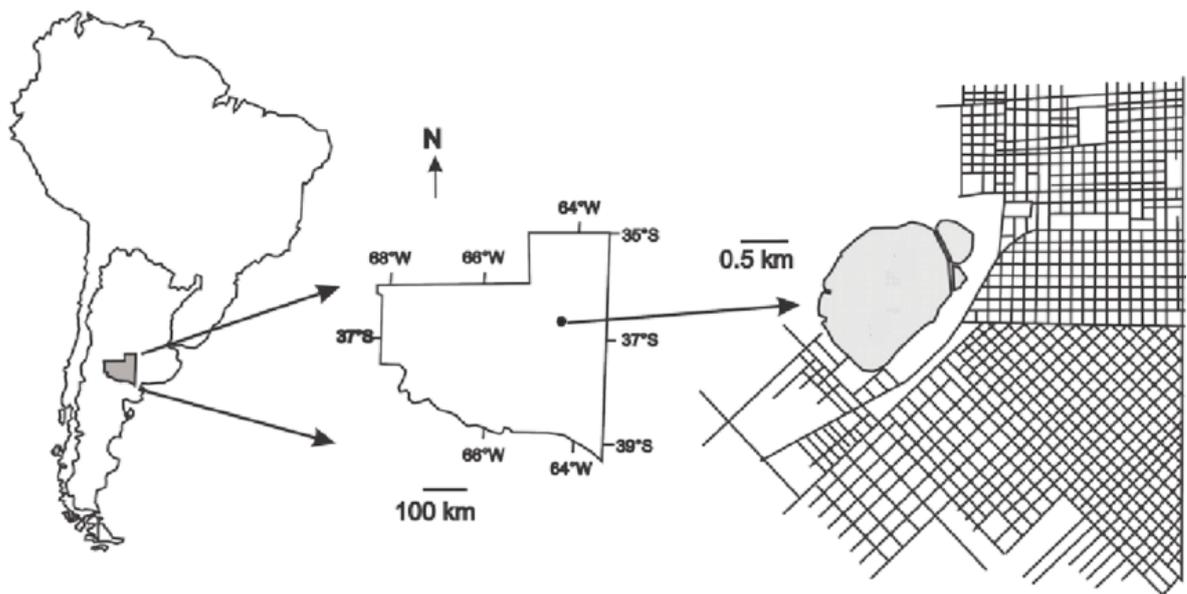


Figura 1. Croquis de la laguna Don Tomás, mostrando su ubicación geográfica en la provincia de La Pampa, Argentina (Pilati et al., 2020).

### **Geomorfología:**

El Parque Recreativo Don Tomás se ubica en la región oriental, subregión de colinas y lomas de la provincia de La Pampa (INTA-UNLPam, 1980). La ciudad de Santa Rosa se ubica en una cuenca centrípeta que tiene su nivel de base en la Laguna Don Tomás, hacia donde drenan las aguas pluviales del área circundante.

**Clima:**

El clima pampeano es templado con un promedio en enero de 24 °C con máximas absolutas de hasta 42 °C y una media en julio de 7 °C; si bien puede bajar hasta 0 °C. La temperatura media anual es de 13 °C, la humedad relativa promedio en el año es de 68% con precipitación media anual de 600 mm (INTA-UNLPam, 1980).

**Vegetación:**

La provincia de La Pampa está ubicada en la región Neotropical, dominio Chaqueño, provincia biogeográfica Pampeana, distrito fitogeográfico Pampeano-occidental (Cabrera y Willink, 1980). Se caracteriza por presentar el 90% de la superficie cubierta por cultivos, y el 10% restante por vegetación natural como pastizales, bosques de *Prosopis caldenia*, matorrales y arbustales halófilos (INTA-UNLPam, 1980).

La laguna Don Tomás presenta una vegetación particular diferente a la descrita para la provincia debido al hecho de que se encuentra dentro de un Parque Recreativo. Reúne especies de diferentes portes, tanto nativas como *Prosopis caldenia* y *Cortaderia selloana* entre otras, como exóticas entre ellas *Populus alba* o *Lagerstroemia indica*.

**Toma de muestras:**

Se colectaron estacionalmente muestras biológicas en la Laguna Don Tomás en cuatro sitios: tres distribuidos en el cuenco principal que recibe cuatro desagües pluviales provenientes de la ciudad de Santa Rosa, y un sitio en el cuenco lateral norte, donde se vierten tres desagües de gran tamaño (Pilati et al., 2009) durante el periodo mayo 2019 a febrero 2020 (figura 2).



Figura 2: Sitios de muestreo, laguna Don Tomás (Imagen satelital Google, 2021) .

Las muestras ficológicas se colectaron en las cuatro estaciones el año por arrastre manual y en el caso de algas adheridas a sustratos naturales y/o artificiales por raspado superficial del mismo, según técnicas convencionales (Schwoerbel, 1975; Lopretto & Tell, 1995), las que se fijaron con formol al 4% (tabla 1).

Tabla 1: Fechas de muestreo en la laguna Don Tomás para cada estación anual.

OTOÑO	17/05/2019
INVIERNO	16/08/2019
PRIMAVERA	4/11/2019
VERANO	10/02/2020

Sitio 1: muestras colectadas en la orilla este del cuenco lateral norte, también conocido como “cuenco de canotaje” (figura 3).



Figura 3: Imágenes Sitio 1, laguna Don Tomás en las distintas épocas del año.

Sitio 2: localizado en la orilla oeste del cuenco principal de la laguna Don Tomás, a escasos metros al sur del mirador de la cruz (figura 4).



Figura 4: Imágenes Sitio 2, laguna Don Tomás en las distintas épocas del año.

Sitio 3: muestras obtenidas en la orilla sur-oeste del cuenco principal de la laguna, en cercanía del faro (figura 5).



Figura 5: Imágenes Sitio 3, laguna Don Tomás en las distintas épocas del año.

Sitio 4: recolección de muestras en la orilla sur-este del cuenco principal, en inmediaciones de la pista de ciclismo (figura 6).



Figura 6: Imágenes Sitio 4, laguna Don Tomás en las distintas épocas del año.

### Parámetros físico-químicos y ambientales

Se registraron *in situ* variables físico-químicas con sensores de campaña: pH (Hanna HI 9635), temperatura del agua y el aire (termómetro de mercurio), y la conductividad (ORION modelo 250 A) que serán relacionadas con los resultados biológicos obtenidos para cada época del año.

En la determinación de la transparencia del agua se empleó el disco de Secchi de 20 cm de diámetro, con cuadrantes negros y blancos alternados. Los resultados de transparencia se obtienen al introducir el disco en la columna de agua hasta que el mismo no sea visible, registrando la profundidad a la que esto ocurre (Delegido et al., 2019).

### Identificación taxonómica

Para la identificación taxonómica se consultaron las floras estándar y regionales, Hustedt (1930), Geitler (1932), Desikachary (1959), Starmach (1966), Patrick & Reimer (1966, 1975), Bourrelly (1970, 1972), Komárek & Fott (1983) Komarek & Anagnostidis (1986, 1989, 1999, 2005), Anagnostidis & Komarek (1988) y Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991 a y b) así como trabajos específicos de diversos autores.

### Tratamiento de los datos taxonómicos

La distribución espacio-temporal a lo largo del ciclo anual se estableció a través de tablas presencia-ausencia de los taxa y % 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.

Se utilizó el índice de similitud de Bray-Curtis (1957) para establecer el agrupamiento de las especies registradas en los distintos sitios de muestreo durante el periodo de estudio. Para este cálculo se utilizó el programa BioDiversity Profesional. Copyright © 1997. The Natural History Museum and The Scottish Association For Marine Science BioDiversity, NHM & SAMS <http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro>.

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

Dónde:

S<sub>jk</sub>: similitud entre estaciones j y k.

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

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

c: n° de especies que están en k pero no en j.

Para los índices de Nygaard (1949) se tuvo en cuenta la riqueza fitoplanctónica de determinados grupos algales para determinar el grado de eutrofización de la laguna Don Tomás para la época muestreada (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008). Los índices

utilizados fueron de clorofitas, de diatomeas, el compuesto y de euglenofitas (Mirande & Tracanna, 2005; Peña Salamanca et al., 2005; Jafari & Gunale, 2006; Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008; Kumar et al., 2012; Hamaidi-Chergui et al., 2014; Bazán et al., 2018), los cuales se detallan a continuación:

Índice de Clorofitas= Chlorococcales/Desmidiales

Donde:

<1= oligotrófico

>1= eutrófico

Índice de Diatomeas= Centrales/ Pennales

Donde:

0-0,2= oligotrófico

0,2-3= eutrófico

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

Donde:

<1= oligotrófico

1-2,5= mesotrófico

>2,5= eutrófico

$$\text{Índice de Euglenófitas} = \frac{\text{Número de taxones de euglenófitas}}{\text{Número de taxones de cianofíceas + chlorococcales}}$$

Dónde:

0.0-1.0= Eutrófico

0.0-0.7= Oligotrófico

Para establecer el estado trófico se utilizó la metodología de los saprobios según el índice de Pantle & Buck (Pinilla, 2000), que emplea la frecuencia relativa y la valencia saprobica de cada especie a lo largo del periodo de muestreo obtenida a través de datos propios y bibliografía existente (Sládecek, 1973; Bazán, 2010; Olivera, 2015; Almeyda, 2015; Biasotti, 2016; Galea, 2016).

$$S = \Sigma (s.h) / \Sigma h$$

S: rango sapróbico

S: valencia sapróbica de la especie

h: frecuencia de la especie (1: escaso, 2: frecuente; 3: muy frecuente)

Dónde:

1,0 -1,5= Ausencia de contaminación

1,5-2,5= Contaminación orgánica débil

2,5-3,5= Contaminación orgánica fuerte

3,5-4,0= Contaminación orgánica muy fuerte

Los taxa determinados se ordenaron según Bourelly (1968, 1970 y 1972) para las Clases Cyanophyceae, Chlorophyceae, Euglenophyceae y Dynophyceae. Para la Clase Bacillariophyceae se utilizó Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991 a y b).

## **RESULTADOS**

### **1. FÍSICO-QUÍMICOS**

Los datos meteorológicos extraídos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2019-2020), para las fechas muestreadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2: Datos físico-químicos de la laguna Don Tomás en las fechas de muestreo (2019-2020).

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Temperatura (°C)	13.9	8.9	21.7	20.9
Humedad relativa (%)	91	67	24	52
Dirección del viento	Norte	Oeste	Sur	Norte
Velocidad del viento (Km/h)	25	3	31	22
Presión atmosférica (hPa)	988.6	991.6	984.4	999.8

Las mediciones de los componentes físico-químicos que se realizaron en la laguna Don Tomás, durante el periodo comprendido entre el mes de mayo del 2019 y febrero del 2020 no presentaron grandes variaciones.

Los valores de temperatura del agua medidos variaron entre 10°C en invierno y 20 °C tanto en la primavera como en el verano, que se corresponden con el rango de temperatura del aire, cuyo mínimo fue de 8.9 °C (invierno) y un máximo de 21.7 °C en primavera (figura 7).

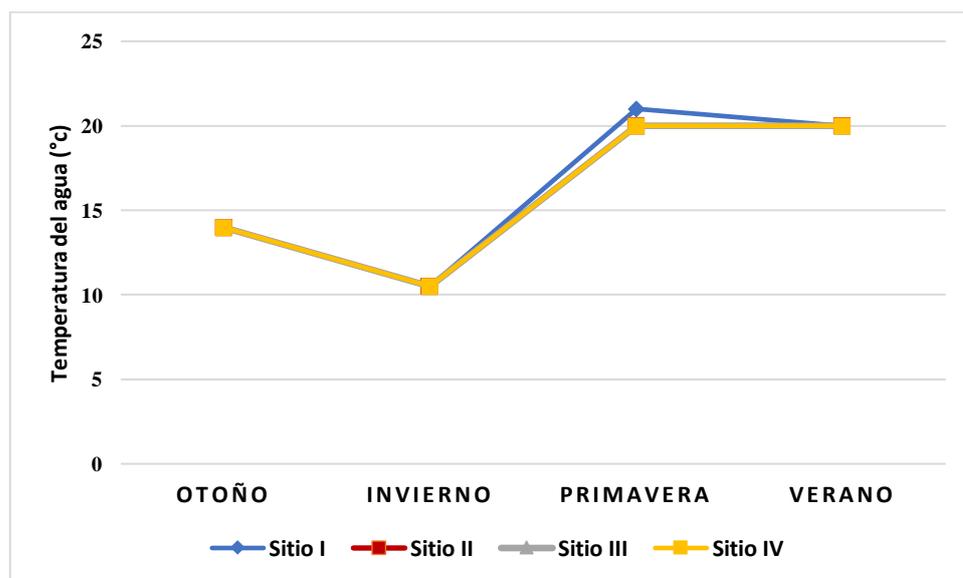


Figura 7: Variaciones de temperatura del agua en la Laguna Don Tomás durante el periodo mayo 2019- febrero 2020.

La transparencia obtenida a través del disco de Secchi no registró grandes cambios en los sitios de muestreo en cada estación del año, variando desde 0 metros (m) para todos los sitios muestreados en el invierno al valor más elevado de 0,34 m en el sitio I en otoño (figura 8).

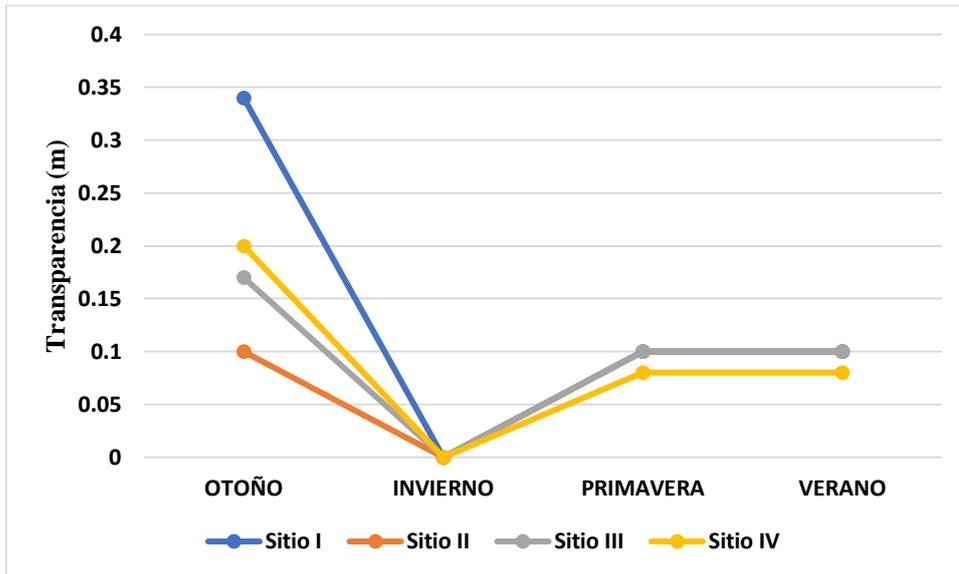


Figura 8: Variaciones en la transparencia del agua en la Laguna Don Tomás durante el periodo mayo 2019- febrero 2020.

El pH se registró alcalino durante todo el período de muestreo y no mostró variaciones considerables en las diferentes estaciones del año considerado. El rango osciló entre un mínimo de 8,24 para el sitio I en el otoño y un máximo de 9,08 en los sitios IV en la primavera y, I y IV en el verano (figura 9).

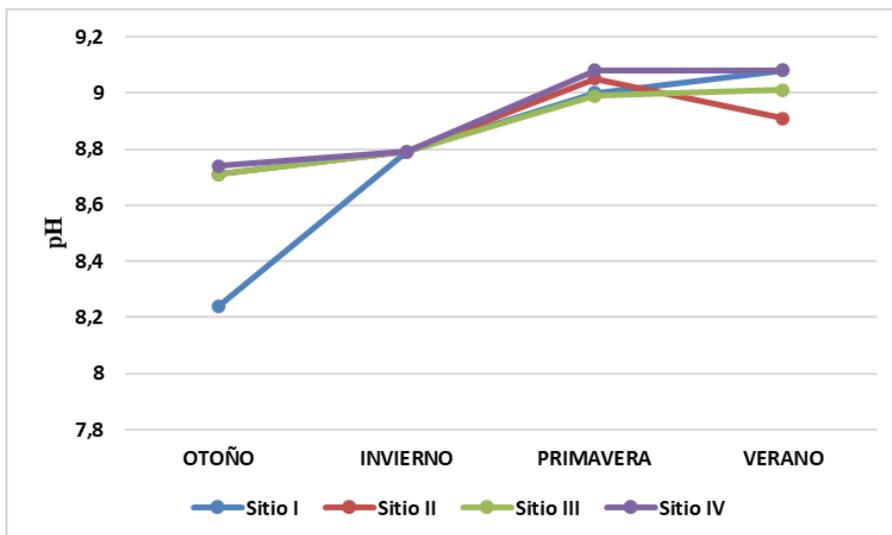


Figura 9: Variaciones del pH en el agua de la Laguna Don Tomás durante el periodo mayo 2019- febrero 2020.

Los valores de conductividad variaron para las distintas estaciones del año, con un máximo registrado en el verano de 1845  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el sitio IV y un mínimo de 1008  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para el sitio I en el otoño (figura 10).

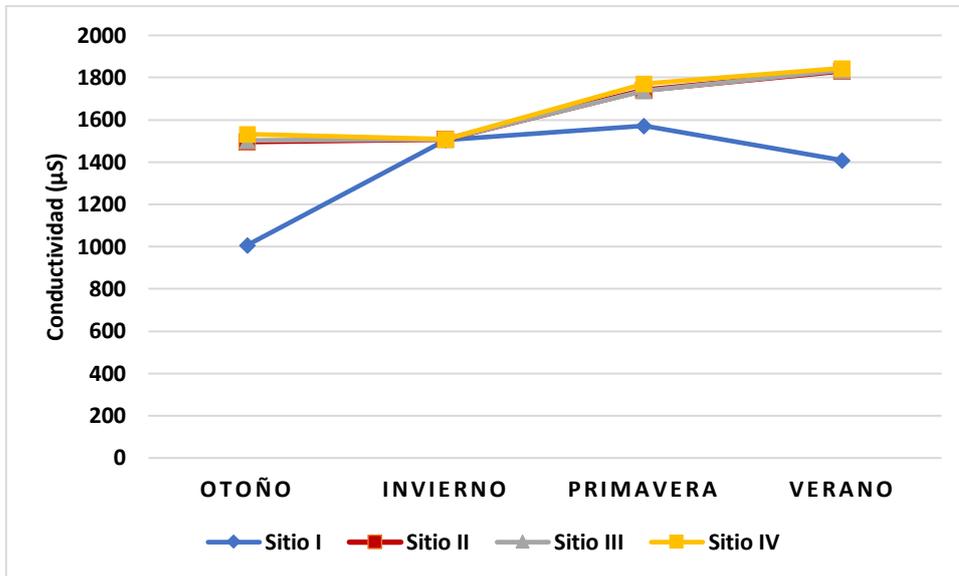


Figura 10: Variaciones en la conductividad del agua en la Laguna Don Tomás durante el periodo mayo 2019- febrero 2020.

## 2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FLORÍSTICO

En las muestras colectadas en la laguna Don Tomás entre mayo 2019 y febrero de 2020, se determinaron un total de 78 taxa pertenecientes a las Clases Cyanophyceae (20), Chlorophyceae (44), Bacillariophyceae (10) y Euglenophyceae (4) detallados en la tabla 3.

Tabla 3: Lista taxonómica de algas fitoplanctónicas observadas en la Laguna Don Tomás otoño 2019-verano 2020.

### Taxonomía

### Nuevas Sinonimias

#### Clase Cyanophyceae

#### Orden Chroococcales

#### Familia Chroococcaceae

*Merismopedia tenuissima* Lemmermann

*Microcystis flos aquae* (Wittrock) Kirchner

*Microcystis stagnalis* (Lemmermann) Lemmermann

*Synechococcus aeruginosus* Nägeli*Cyanothece aeruginosa* (Nägeli) Komárek**Orden Nostocales****Familia Nostocaceae***Anabaena* sp.*Anabaennopsis arnoldii* Aptekar**Familia Oscillatoriaceae***Phormidium angustissimum* W. & G.S. West*Leptolyngbya angustissima*

(W. &amp; G.S. West) Anagnostidis &amp; Komárek

*Phormidium fragile* Gomont*Leptolyngbya fragilis* (Gomont)

Anagnostidis &amp; Komárek

*Phormidium tenue* (Meneghini) Gomont ex Gomont*Leptolyngbya tenuis* (Gomont)

Anagnostidis &amp; Komárek

*Lynngbya aerugineocoerulea* Gomont*Oscillatoria obscura* Brühl & Biscuas*Oscillatoria ornata* Kutzing ex Gomont*Oscillatoria okeni* C. Agardh ex Gomont*Phormidium okenii* (Agardh ex Gomont)

Anagnostidis et Komárek

*Oscillatoria pseudogeminata* G. Schmid*Jaaginema pseudogeminatum* (Schmid)

Anagnostidis et Komárek

*Oscillatoria subbrevis* Schmidle*Oscillatoria tenuis* C. Agardh ex Gomont*Oscillatoria terebriforme* C. Agardh ex Gomont*Phormidium terebriforme* (C. Agardh ex

Gomont) Anagnostidis et Komárek

*Spirulina major* Kützing ex Gomont

*Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont

**Familia Microcoleaceae**

*Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek

**Clase Chlorophyceae**

**Orden Volvocales**

**Familia Chlamydomonadaceae**

*Chlamydomonas* sp.

**Orden Chlorococcales**

**Familia Chlorococcaceae**

*Tetraëdron caudatum* (Corda) Hansgirg

*Tetraëdron minimum* (A. Braun) Hansgirg

*Tetraëdron triangulare* Korshikov

*Schroederia nitzschioides* (GS West) Korshikov

*Schroederia setigera* (Schörder) Lemmermann

**Familia Oocystaceae**

*Actinastrum raphidioides* (Reinsch) Brunthaler

*Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs

*Chlorella vulgaris* Beijerinck

*Closteriopsis* sp.

*Closteriopsis acicularis* var. *acicularis* (Chodat) J.H. Belcher & Swale

*Kirchneriella contorta* (Schmidle) Bohlin

*Kirchneriella contorta* var. *elegans* (Playfair) Komárek

*Kirchneriella irregularis* (G.M. Smith) Korshikov

*Kirchneriella obesa* (West) West & G.S. West

*Lagerheimia subsalsa* Lemmermann

*Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák

*Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komárková-Legnerová

*Monoraphidium irregulare* (GM Smith) Komárková-Legnerová

*Monoraphidium pusillum* (Printz) Komárková-Legnerová

*Oocystis lacustris* Chodat

*Oocystis parva* West & G. S. West

*Franceia ovalis* (Francé) Lemmermann

**Familia Dictyosphaeriaceae**

*Dictyosphaerium ehrenbergianum* Nägeli

*Dictyosphaerium pulchellum* H. C. Wood

**Familia Scenedesmaceae**

*Coelastrum microporum* Nägeli

*Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat      *Acutodesmus acuminatus* (Lagerheim)

Tsarenko

*Scenedesmus disciformis* (Chodat) Fott & Komárek

*Scenedesmus ecornis* (Ehrenberg) Chodat

*Scenedesmus longispina* Chodat

*Scenedesmus opoliensis* P.G.Richter      *Desmodesmus opoliensis* (Richter) Hegewald

*Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson      *Desmodesmus quadricauda* (Turpin)

Brébisson

*Scenedesmus spinosus* Chodat

*Tetrastrum elegans* Playfair

*Tetrastrum peterfi* Hortibágyi

*Tetrastrum staurogeniaeforme* (Schröder) Lemmermann

*Tetrastrum triangulare* (Chodat) Komárek

**Familia Micractiniaceae**

*Golenkiniopsis longispina* (Korshikov) Korshikov

**Familia Hydrodictyaceae**

*Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini

*Pseudopediastrum boryanum* (Turpin)

Hegewald

*Pediastrum boryanum* var. *cornutum* (Raciborski) Sulek

*Pediastrum duplex* var. *gracillimum* West & G.S. West

*Pediastrum duplex* var. *duplex* Meyen

*Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs

**Orden Zygnematales**

**Familia Desmidiaceae**

*Cosmarium subtumidum* Nordstedt en Wittrock, Nordstedt & Lagerheim

**Clase Bacillariophyceae**

**Orden Centrales**

**Familia Thalassiosiraceae**

*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen

*Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen

*Cyclotella meneghiniana* Kützing

*Stephanodiscus dubius* Hustedt

*Cyclostephanos dubius* (Husted) Round

**Familia Melosiraceae**

*Melosira varians* C. Agardh

## **Orden Pennales**

### **Familia Diatomaceae**

*Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg

*Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère

### **Familia Naviculaceae**

*Anomoeoneis sphaerophora* Pfitzer

*Navicula* sp.

### **Familia Nitzschiaceae**

*Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow en Cleve & Grunow

*Nitzschia linearis* W. Smith

## **Clase Euglenophyceae**

### **Orden Euglenales**

#### **Familia Euglenaceae**

*Euglena viridis* Guillén

*Euglena* sp.

*Phacus* sp.

*Trachelomonas* sp.

La riqueza específica registró escasa variación entre las diferentes estaciones del año, en el verano del 2020 se observó el mayor número de especies con 60 taxa, mientras que el menor número se dio en el invierno del 2019 con 51 especies descriptas (tabla 4).

Tabla 4: Distribución espacio-temporal de las algas presentes en la Laguna Don Tomás en el período 2019-2020.

	Otoño				Invierno				Primavera				Verano			
	S I	S II	S III	S IV	S I	S II	S III	S IV	S I	S II	S III	S IV	S I	S II	S III	S IV
<i>Actinastrum raphidoides</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Anabaena sp.</i>	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x		x	x
<i>Anabaenopsis arnoldii</i>		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>															x	x
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>										x						
<i>Aulacoseira granulata</i>	x	x	x	x		x	x	x	x		x		x	x		x
<i>A. granulata var. angustissima</i>		x	x			x			x	x			x			x
<i>Chlorella vulgaris</i>	x		x			x	x			x			x	x	x	
<i>Clamydmona sp.</i>	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x				x
<i>Closteriopsis sp.</i>									x					x	x	x
<i>C. acicularis var. acicularis</i>		x	x	x		x			x				x	x		
<i>Coelastrum microporum</i>					x	x			x							
<i>Cosmarium subtumidum</i>		x	x	x	x											
<i>Cyclotella meneghiniana</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>D. pulchellum</i>			x			x			x	x	x		x	x		
<i>Euglena sp.</i>		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Euglena viridis</i>									x	x		x			x	x
<i>Franceia ovalis</i>		x	x				x		x	x	x	x	x		x	
<i>Golenkiniopsis longispina</i>							x									
<i>Hantzschia amphioxys</i>										x		x				x
<i>Kirchneriella contorta</i>		x	x			x		x						x		
<i>K. contorta var. elegans</i>		x	x	x			x		x		x	x		x		x
<i>K. irregularis</i>			x			x		x								
<i>K. obesa</i>							x		x	x		x	x		x	
<i>Lagerheimia subsalsa</i>						x	x	x	x			x	x	x	x	x
<i>Leptolyngbya angustissima</i>				x											x	
<i>L. fragilis</i>					x										x	x
<i>L. tenuis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Lyngbya aeruginosaerulea</i>												x			x	x
<i>Melosira varians</i>			x			x	x	x	x	x			x	x	x	x
<i>Merismopedia tenuissima</i>									x				x		x	
<i>Microcystis flosaquae</i>														x	x	
<i>M. stagnalis</i>				x	x	x	x		x					x	x	x
<i>Monoraphidium arcuatum</i>							x		x	x		x				
<i>M. griffithii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>M. irregulare</i>	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>M. pusillum</i>		x	x	x	x											
<i>Navicula sp.</i>								x		x				x	x	x
<i>Nitzschia linearis</i>			x	x												
<i>Oocystis lacustris</i>	x	x		x		x	x	x	x	x	x			x		x
<i>O. parva</i>				x		x			x							x
<i>Oscillatoria obscura</i>			x		x	x	x			x				x	x	
<i>Oscillatoria okeni</i>			x													
<i>O. ornata</i>	x															x

<i>O. pseudogeminata</i>													x	x		x	
<i>O. subbrevis</i>				x								x	x				
<i>O. tenuis</i>			x	x								x	x				
<i>Pediastrum boryanum</i>		x					x	x					x				x
<i>P. boryanum var. cornutum</i>				x													
<i>P. duplex var. duplex</i>			x														x
<i>P. duplex var. gracillimum</i>																x	x
<i>P. tetras</i>										x						x	
<i>Phacus sp.</i>		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x				
<i>Phormidium terebriforme</i>	x		x													x	
<i>Planktothrix agardhii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Scenedesmus acuminatus</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>S. disciformis</i>				x													
<i>S. ecornis</i>										x	x	x			x	x	x
<i>S. longispina</i>		x										x	x				
<i>S. opoliensis</i>		x		x		x			x						x		
<i>S. quadricauda</i>			x				x	x	x	x			x	x	x	x	x
<i>S. spinosus</i>						x	x	x	x	x					x	x	x
<i>Schroederia nitzschioides</i>	x	x	x	x		x	x	x	x	x			x	x			
<i>S. setigera</i>	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Spirulina major</i>			x														x
<i>S. subsalsa</i>																x	x
<i>Stephanodiscus dubius</i>	x	x	x	x	x	x		x					x		x	x	x
<i>Synechococcus aeruginosus</i>											x				x		
<i>Synedra ulna</i>								x	x	x	x	x			x	x	x
<i>Tetraëdron caudatum</i>			x					x									
<i>T. minimum</i>				x		x	x		x						x		
<i>T. triangulare</i>						x	x	x				x				x	x
<i>Tetrastrum elegans</i>		x	x			x					x	x	x				x
<i>T. peterfii</i>			x							x							
<i>T. staurogeniaeforme</i>										x	x		x		x	x	
<i>T. triangulare</i>		x	x	x		x	x	x	x								
<i>Trachelomonas sp.</i>	x		x	x		x	x	x	x				x				

La distribución temporal de Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta y Euglenophyta muestra su influencia en la riqueza planctónica a lo largo del período mayo 2019- febrero 2020 en la Laguna Don Tomás (fig. 11)

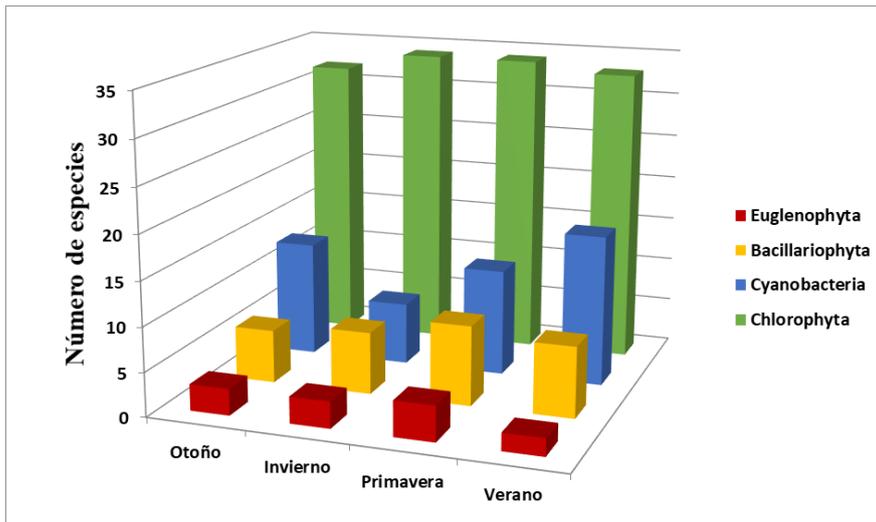


Figura 11: riqueza específica y aporte de cada clase algal, en cada estación del año.

La clase Chlorophyceae registró el mayor número de taxa durante el periodo muestreado con un aporte similar de manera independiente a la época del año. Las Cyanophyceae registraron una riqueza específica mínima en invierno con 7 especies y una máxima en el verano con 17. Las Bacillariophyceae y Euglenophyceae no mostraron grandes cambios a lo largo del periodo considerado (figura 12).

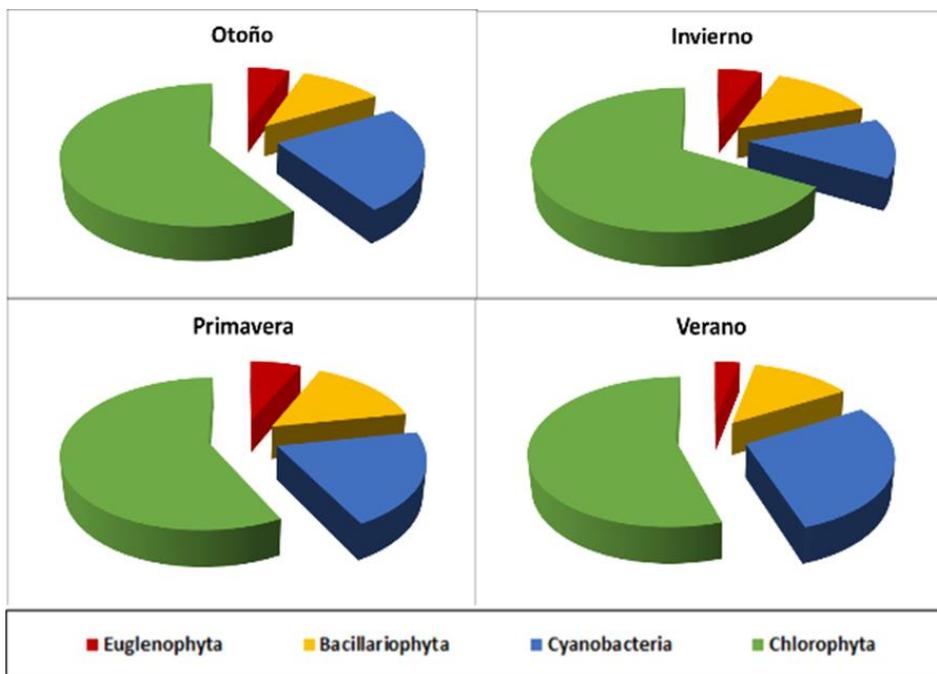


Figura 12: Riqueza específica por clases algales en el periodo otoño de 2019- febrero de 2020.

Comparando la riqueza específica de cada sitio por estación del año, se puede observar que el sitio 1 (Cuenco Norte) presenta la menor riqueza en invierno, mientras que registra la mayor en la primavera. Esta diferencia entre estaciones puede deberse al aumento de la temperatura del agua, la cual varía de 10,5°C a 21°C (figura 13).

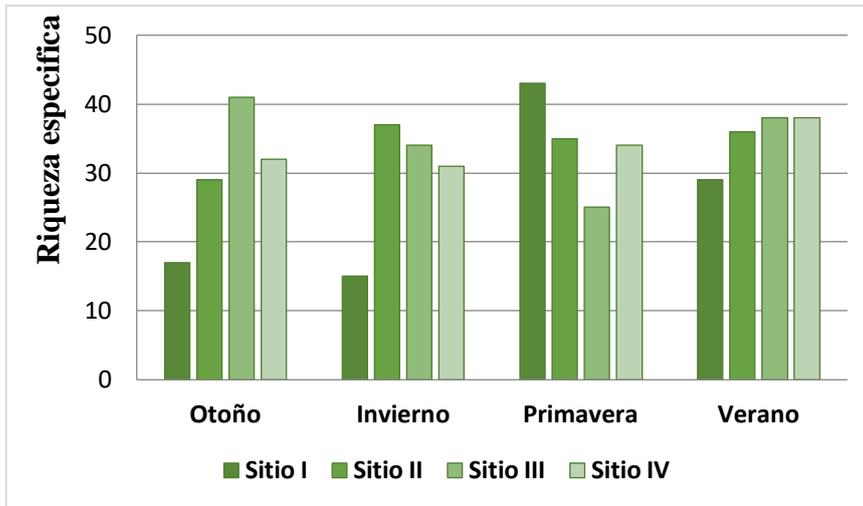


Figura 13: Riqueza específica por sitio según la estación del año.

El grado de similitud de la comunidad ficológica de la laguna Don Tomás para el período considerado (otoño 2019-verano 2020), se evaluó mediante el coeficiente de Bray-Curtis a través de la comparación de los sitios de muestreo con una similitud del 86% que separa, en función de las especies presentes, los sitios 1 y 2 de 3 y 4 (figura 14, tabla 5).

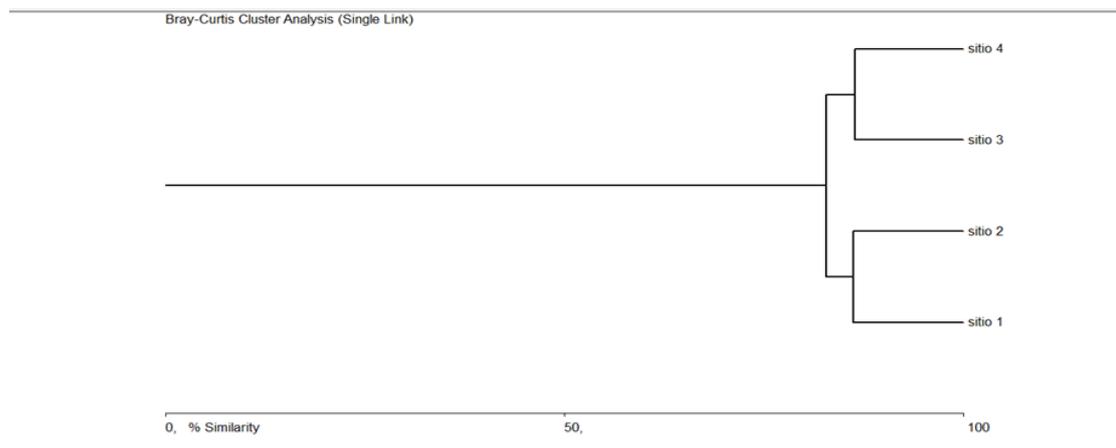


Figura.14: Coeficiente de Bray-Curtis para los distintos sitios de muestreo

Tabla 5. Matriz resultante de la aplicación del índice de similitud de Bray-Curtis

Step	Clusters	Distance	Similarity	Joined 1	Joined 2
1	3	13,63636398	86,3636360 2	3	4
2	2	13,79310322	86,2068967 8	1	2
3	1	17,1875	82,8125	1	3
<b>Similarity Matrix</b>					
	<b>Sitio 1</b>	<b>Sitio 2</b>	<b>Sitio 3</b>	<b>Sitio 4</b>	
<b>Sitio 1</b>	*	86,2069	79,0323	76,6667	
<b>Sitio 2</b>	*	*	82,8125	80,6452	
<b>Sitio 3</b>	*	*	*	86,3636	

Sitio 4	*	*	*	*	
---------	---	---	---	---	--

El resultado de la aplicación del índice de Nygaard de euglenofitas ubica a la Laguna Don Tomás para el periodo de muestreo dentro del rango eutrófico con un valor de 0,06. Debido a que solo se registra una especie del Orden Desmidiales (*Cosmarium subtumidum*) los índices de clorofitas, cianofitas y compuesto no pudieron ser aplicados. No se utilizó el índice de diatomeas ya que se registró el mismo número de taxa para Centrales y Pennales.

La tabla 6 (ver anexo) muestra la frecuencia (H) y los valores sapróbicos (s) de las especies presentes en la Laguna Don Tomás durante el periodo muestreado. Se consideró como especies ocasionales las que se registraron en un 25% (H= 1), frecuentes las observadas entre el 50 y 75% (H= 2) y muy frecuentes las identificadas en un 100% (H= 3). Solo las especies *Leptolyngbya tenuis*, *Planktothrix agardhii* y *Actinastrum raphidioides* se identificaron en todos los sitios y todas las estaciones del año. El índice de Plantle & Buck calculado para el período muestreado registró un valor de S=2,4 lo que indicaría una contaminación orgánica débil ( $\beta$  mesosapróbico).

## **DISCUSION**

La laguna Don Tomás es un lago somero, eutrófico, que se encuentra en un bajo endorreico alimentado por el aporte de las precipitaciones, los desagües pluviales provenientes de la ciudad de Santa Rosa y la carga y descarga de la napa freática (Bazán et al., 2003).

Los valores de temperatura del aire medidos se corresponden con los normales para el clima templado de la región. En el caso de las temperaturas del agua no tuvieron importantes amplitudes térmicas, lo cual puede deberse a la escasa profundidad del cuerpo de agua, que a su vez permite comprobar el comportamiento polimíctico de la laguna (Bazán, 2010).

El pH se registró alcalino durante todo el período de mayo 2019-febrero 2020, que se corresponde con lo descrito para lagunas pampeanas someras dominadas por fitoplancton (Álvarez & Bazán, 1994; Quiros et al., 2002; Bazán, 2010; Huber, 2010). Valores similares se han registrado en otras lagunas de la Provincia de La Pampa, como Luan Lauquen y Estancia Ansín entre otras (Bazán et al., 2003; 2014; Álvarez et al., 2009; Bazán, 2010; Oriani 2014; Olivera, 2015).

Los valores de conductividad variaron para las distintas estaciones del año, con un máximo en el verano y un mínimo en el otoño, contrario a los datos obtenidos por otros autores para cuerpos de agua de características similares donde el mayor registro se da en primavera y el menor en invierno (Bazán, 2010; Iparraguirre, 2012; Olivera, 2015). El sitio I (cuenco lateral norte o de canotaje) se diferenció de los demás sitios excepto en el invierno, situación que puede explicarse tomando en cuenta el mayor ingreso de agua de lluvia que entra en dicho cuenco, ya que cuenta con el aporte de dos desagües de la ciudad (Trucco, 2008).

La riqueza fitoplanctónica de la laguna Don Tomás, estuvo representada por las clases Chlorophyceae (56%), Cyanophyceae (26%), Bacillariophyceae (13%) y en menor proporción Euglenophyceae (5%), situación que se mantuvo en mayor o menor medida durante todo el periodo mayo 2019- febrero 2020. Estos resultados coinciden con lo obtenido por otros autores en sistemas acuáticos similares (Martínez de Fabricius et al., 1991; Izaguirre & Vinocur, 1994; Bazán, 2010). El sitio que presento menor riqueza

específica fue el sitio I (cuenco de canotaje), lo que puede significar diferencias en la asociación de especies debido a los aportes provenientes de los desagües de la ciudad (Trucco. A., 2008).

La clase Chlorophyceae estuvo mayormente representada por organismos del orden Chlorococcales, con predominio de especies de crecimiento rápido y alta tasa de renovación como *Scenedesmus*, *Pediastrum* y *Kirchneriella*, que es característico e indicativo de un grado de eutrofia moderado a alto (Reynolds, 2006; Bazán, 2010; Kim, 2013).

Las especies identificadas de la clase Cyanophyceae son indicadoras de un cuerpo de agua eutrofizado (Dantas et al., 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2011; Bazán et al., 2014), con un mayor aporte de organismos del orden Nostocales. *Leptolyngbya tenuis* y *Planktothrix agardhii* se encontraron durante todo el ciclo anual, en todos los sitios muestreados. Según Marshall et al., (2008), Álvarez et al., (2009) y Kokociński et al., (2010) *Planktothrix agardhii* es una especie que presenta la capacidad de liberar toxinas. Estos géneros junto con otros encontrados como *Spirulina*, *Lyngbya* y *Anabaena* indican ambientes eutrofizados (Sosa et al., 2011).

Las Diatomeas no mostraron diferencias en la cantidad de representantes de los órdenes Pennales y Centrales. *Aulacoseria granulata*, *Cyclotella meneghiniana* y *Melosira varians*, especies cosmopolitas asociadas desde lagos oligotróficos a hipereutróficos que estuvieron presentes en la mayor parte del período muestreado (Oliva Martínez et al., 2008; Bazán, 2010). Con un registro menor se observaron taxa de los géneros *Navicula* y *Nitzschia* propias de un ambiente lenítico (Novoa et al., 2006; Novoa et al., 2011).

La clase que presentó la menor riqueza específica fue Euglenophyceae, donde se destacaron los géneros *Euglena* y *Phacus*, muy abundantes en charcos y lagunas temporales con alto contenido de materia orgánica (Roldán Pérez, 1992; Padisák et al., 2003; Alves-da-Silva et al., 2007; Bellinger & Sigee, 2010; Bohn et al., 2012).

La medida del grado de contaminación orgánica en la laguna Don Tomás, para el ciclo anual considerado (mayo 2019-febrero 2020), según el índice de saprobiedad de Pantle y Buck fue de  $S=2,4$ . Este valor la ubica entre los cuerpos de agua con un grado de contaminación débil, condición que se mantuvo constante a lo largo de las estaciones del año, lo que se evidenció en otras lagunas con similares características (Almeyda, 2015; Olivera, 2015).

## **CONCLUSIONES**

El desarrollo del presente trabajo permitió aceptar las hipótesis planteadas al corroborar que la composición y distribución del fitoplancton de la Laguna Don Tomás, sigue un patrón estacional influenciado por factores físico-químicos y ambientales, y que la presencia de determinadas especies algales permite inferir la calidad y estado trófico del cuerpo de agua.

Los parámetros físico-químicos, temperatura del agua y del aire, transparencia y pH medidos en cada estación del año, se mantuvieron dentro de los valores registrados típicamente para la región. En cuanto a la conductividad los valores variaron para las distintas estaciones del año, con un máximo en el verano y un mínimo en el otoño.

El número de especies observadas varió durante el periodo muestreado, presentando la menor riqueza específica en el sitio 1 (Cuenco Norte) durante el invierno y la mayor en el mismo sitio en primavera.

La comunidad fitoplanctónica de la laguna Don Tomás entre mayo 2019-febrero 2020, estuvo compuesta por las Clases Chlorophyceae (44), Cyanophyceae (20), Bacillariophyceae (10) y en menor medida organismos representantes de Euglenophyceae (4). *Leptolyngbya tenuis*, *Planktothrix agardhii* y *Actinastrum raphidioides* se observaron en todos los sitios durante todo el periodo muestreado.

La aplicación del índice biótico de Pantle y Buck caracteriza como  $\beta$ - mesosapróbica a la laguna Don Tomás que se evidencia a través de la presencia de especies que se encuentran en lagos eutrofizados, similares a otros cuerpos de agua de la región pampeana.

Considerando los resultados obtenidos podemos definir a la laguna Don Tomás como un cuerpo lenítico, poco profundo y con un régimen semipermanente, naturalmente eutrófico, asociado a una ciudad.

## **Referencias Bibliográficas**

- ABONYI, A; E, ACS; A, HIDAS; I, GRIGORSZKY; G, VÁRBÍRÓ; G, BORICS; K.T, KISS. 2018. Functional diversity of phytoplankton highlights long term gradual regime shift in the middle section of the Danube River due to global warming, human impacts and oligotrophication. *Freshw. Biol.* 63(5): 456–472. <https://doi.org/10.1111/fwb.13084>.
- ALMEYDA, M. D. 2015. Estudio de la biodiversidad algal y su uso en la determinación del estado trófico y calidad de agua: Laguna Pichi Luan (La Pampa, Argentina). Tesis de grado. Universidad Nacional de La Pampa. 56 pp.
- ÁLVAREZ, S. B. & G. I. BAZÁN. 1994. Cianofíceas Continentales de Pcia. de La Pampa. (Argentina). *Rev. Fac. Agronomía. UNLPam*, 7(2): 43-62.
- ÁLVAREZ, S. B.; G. BAZAN. & J. N. BERNARDOS. 2009. Diversidad Fitoplanctónica en los cuencos principal y norte de la laguna Don Tomas (La Pampa. Argentina). *Limnética*, 28 (2): 253-260.
- ALVES-DA-SILVA, S.; G. HERMANY & M. A. OLIVEIRA. 2007. Diversity and ecological considerations on pigmented Euglenophyceae in the state park of the Jacuí Delta, Rio Grande de sul, southern Brazil. *Biociências*, Porto Alegre, 15(1): 8-20.
- ANAGNOSTIDIS, K. & j. KOMÁREK. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Archiv. Für Hydrobiologie*, 80: 327-472.
- BAZÁN, G.I.; S.B. ÁLVAREZ & J. BERNARDOS. 2003. Variación estacional de la ficoflora de la Laguna Don Tomás de Santa Rosa, La Pampa. *Suplem. Bol. Soc. Arg. Bot*, 38: 147.
- BAZÁN, G. I. 2010. Estudios ficológicos en el sistema lenítico de La Arocena (Departamento Maracó), La Pampa, Argentina. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto. 203 pp.
- BAZÁN, G.I.; D. ALMEYDA; L. OLIVERA y M. B. ORIANI. 2014. Biodiversidad fitoplanctónica en tres lagunas someras de la Provincia de La Pampa, Argentina. *Biología Acuática* N° 30: 47-57.
- BAZÁN, G. I.; M. J. GALEA & A. BIASOTTI. E. 2018. Estado trófico de la laguna La Arocena (Pcia. de La Pampa, Argentina): aplicación de índices biológicos. VII Congreso Pampeano de Agua: 41-55. Sec. de Rec. Hídricos. ISBN 978-987-46831-0-6.

- BELLINGER, E.G. y D.C. Sigeo. 2010. *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. Wiley-Blackwell (eds.), 210 pp.
- BIANCHI, F; F, ACRI; A, BERNARDI AUBRY; A, BERTON; E, BOLDRIN; D, CAMATTI; A, CASSIN; COMASCHI. 2003. Can plankton communities be considered as bio-indicators of water quality in the Lagoon of Venice?. *Marine Pollution Bulletin* 46 (2003): 964–971.
- BIASOTTI, A.E.; S.B. ALVAREZ; G.I. BAZÁN & A.L. MARTÍNEZ de FABRICIUS. 2013. Biodiversidad y distribución temporal fitoplanctónica en Río Colorado, La Pampa, Argentina. *Biológico*, 15 (1): 38-51.
- BIASOTTI, A. E. 2016. *Ficoflora de la llanura aluvial del Río Colorado (Patagonia, Argentina). Distribución temporal de la comunidad fitoplanctónica continental*. PUBLICIA. ISBN 978-3-8416-8139-3. 156 pp.
- BIODIVERSITY PROFESIONAL. Copyright ©1997. The Natural History Museum and The Scottish Association For Marine Science BioDiversity, NHM & SAMS. <http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro>.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.; A. N. MOURA; T.C. HEREMAN y E. W. DANTAS. 2011. Increase in straight and coiled *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) populations under conditions of thermal de-stratification in a shallow tropical reservoir. *J Water Resour Prot* 3: 245-252.
- BIRCH, S;& J, MCCASKIE. 1999. Shallow urban lakes: a challenge for lake management. *Hydrobiologia* 395/396: 365–377.
- BOHN, V. Y.; M. C. PICCOLO; P. D. PRATOLONGO & G. M. E. PERILLO. 2012. Evaluación del estado trófico de dos lagunas pampeanas (Argentina). *Ecología* N° 24: 11-26.
- BOURRELLY, P. 1968. *Les algues d'eau douce, initiation a la systématique. Tome II : Les Algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées*. Editions N. Boubée Cie. pp. 1-438.
- BOURRELLY, P. 1970. *Les algues d'eau douce, initation a la systématique. Tome III: Les Algues bleues et rouges. Les Eugleniens, Perdinieniens et Cryptomonadines*. Editions N. Boubée Cie, 572 pp.

- BOURRELLY, P. 1972. Les algues d'eau douce, initiation a la systématique. Tome I: Les Algues Vertes. Editions N. Boubée Cie, 572 pp.
- BRAY, J. R. & J. T. CURTIS. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 325-349.
- CABRERA, A. L. & A. WILLINK. 1980. Biogeografía de América Latina. Sec. Gral. de la OEA, Washington, D.C. 271 pp.
- DANTAS, E.; A. N. MOURA y M. BITTENCOURT-OLIVEIRA. 2011. Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid region of Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* [online]. 83 (4): 1327-1338. ISSN 0001-3765. <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652011000400019>.
- DELEGIDO, J.; P. URREGO; E. VICENTE; X. SÓRIA-PERPINYÁ; J. M. SORIA; M. PEREIRA-SANDOVAL; A. RUIZ-VERDÚ; R. PEÑA; J. MORENO. 2019. Turbidez y profundidad de disco de Secchi con Sentinel-2 en embalses con diferente estado trófico en la Comunidad Valenciana. *Revista de teledetección*. 54, 15-24.
- DESIKACHARY, T. V. 1959. Cyanophyta. Ind. Counc. Agr. Res., New Delhi, 686 pp.
- ECHANIZ, S.; A. VIGNATTI; P. BUNINO. 2008. El zooplankton de un lago somero hipereutrófico de la región central de Argentina. Cambios después de una década. *Biota Neotrópica*, 8(4): 63-71.
- GALEA, M.J., BAZÁN, G.I., ÁLVAREZ, S.B. & A.L. MARTÍNEZ DE FABRICIUS. 2014. Estudio del fitoplancton aguas arriba y abajo del dique Embalse Casa de Piedra, río Colorado (La Pampa, Argentina). *Biología Acuática*, 30: 287-300.
- GALEA, M. J. 2016. Biodiversidad algal de un río patagónico (Patagonia, Argentina). Editorial Académica española. ISBN 978-3-639-53829-8. 171pp.
- GEITLER, L. 1932. Cyanophyceae. In: Rabbenhorst's Kryptogamen-Flora, 14, 1196 pp.
- GIANELLO, D.; E. AVILA-HERNANDEZ; I. AGUER; M.C CRETZAZ-MINAGLIA. 2019. Water quality assessment of a temperate urban lagoon using physicochemical and biological indicator. Springer Nature Switzerland. SN Applied Sciences 1:470.
- GOOGLE. 2021. Parque Recreativo Don Tomás. Recuperado el 31 de agosto de 2021 de <https://goo.gl/maps/exJYPVszmzE2DPF76>.

- GROSMAN, F. 2008. "Nuestras lagunas de la Región pampeana". En: F. Grosman (Compilador). "Espejos en la laguna". Capítulo I. pp. 19-38. Ed. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 174 pp.
- HAMAIDI-CHERGUI, F.; M. B. ERRAHMANI.; M. S. HAMAIDI.; F. BENOOUAKLIL. & H. KAIS. 2014. Lakes, reservoirs and ponds. vol. 8 (2): 122-136.
- 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. Jena: Gustav Fischer Verlag. 466 pp.
- INTA. GOBIERNO DE LA PAMPA. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. INTA. Ministerio de Economía y Asuntos Agrarios de la Provincia de La Pampa, Facultad de Agronomía de la UNLPam. Buenos Aires. 493 pp.
- IPARRAGUIRRE, J. 2012. Distribución espacio temporal 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.
- IZAGUIRRE, I. & A. VINO CUR. 1994. Algal assemblages from shallow lakes of the Salado River Basin (Argentina). *Hydrobiologia*, 289: 57-64.
- JAFARI, N. G. & V. R. GUNALE. 2006. Hydrobiological Study of Algae of an Urban Freshwater River. *J. Appl. Sci. Environ. Mgt.* Vol. 10 (2): 153 – 158.
- 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.
- KOKOCIŃSKI, M., STEFANIAK, K., MANKIEWICZ-BOCZEK, J., IZYDORCZYK, K. y SOININEN, J. 2010. La ecología de la cianobacteria invasora *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanophyta) en dos lagos hipereutróficos dominados por *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales, Cyanophyta). *EUR. J. Phycol.* 45 (4): 365-374.
- KOMÁREK, J. & B. FOTT. 1983. *Sistematik und Biologie. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. Die Binnengewässer. Das Phytoplankton des Süßwasser. Von*

- Huber-Pestalozzi. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart. Germany. 1043 pp.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 2- Chroococcales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 73. Algol. Stud., 43: 157-226 pp.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 4- Nostocales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 82 (1). Algol. Stud., 56: 247-345 pp.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 1999. Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Berg. Von Pascher Hrsg. Von H. Ettl. Jena. G. Fischer Bd. 19. 548 pp. 643 figures.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Berg. Von Pascher Hrsg. Von H. Ettl. Jena. G. Fischer Bd. 19/2. 759 pp. 1010 figures.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1986. BACILLARIOPHYCEAE 2. Naviculaceae, 2 (1). Jena. 875 pp.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1988. BACILLARIOPHYCEAE 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 2 (2), Stuttgart, 596 pp.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1991a. BACILLARIOPHYCEAE 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: H. Ettl; J. Gerloff; H. Heyning & D. Mollenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2 (3). G. F. Verlag, Stuttgart, 576 pp.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT. 1991b. BACILLARIOPHYCEAE 2. Teil: Achnanthaceae; Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. In: H. Ettl; J. Gerloff; H. Heyning & D. Mollenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2 (4). G. F. Verlag, Stuttgart, 437 pp.
- KUMAR, R. N.; R. SOLANKI. & N. J. I. KUMAR. 2012. Spatial variation in phytoplankton diversity in the sabarmati river at Ahmedabad, Gujarat, India. Annals of Environmental Science. Vol 6: 13-28.

- LAMBERT, A. 2003. Valoración económica de los humedales: un componente importante de las estrategias de gestión de los humedales a nivel de las cuencas fluviales. Convención de Humedales Ramsar. 7 pp.
- LOPRETTO, E.C. & G. TELL. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur. 895 pp.
- MARGALEF, R. 1983. Limnología. Ed. Omega, 1003 pp.
- MARSHALL, H. G., L. BURCHARDT, T. A. EGERTON, K. STEFANIAK & M. LANE. 2008. Potentially toxic cyanobacteria en Chesapeake Bay estuaries and a Virginia lake. In: Cyanobacterial Harmful algal blooms. State of the Science and Research Needs. H. Kenneth Hudnell (ed.): 172-173. Springer. USA.
- MARTÍNEZ DE FABRICIUS A. L., E. N. GARI & M. E. LUQUE. 1991. Fitoplancton de lagunas del sur de Córdoba. Análisis comparativo de dos Sistemas Hidrográficos. Biología Acuática 15 (1): 96-99.
- MIRANDE, V. & C. TRACANNA. 2005. Fitoplancton de un río del noreste 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 or little know phytoplankton organism. Kon. Danish. Vid. Selsk. Biol. Skr, 7 (1), 293 pp.
- NOVOA, M. D., LUQUE, M. E., LOMBARDO, D. & MARTINEZ DE FABRICIUS, A. L. 2006. Estudio Ficológico de lagos urbanos artificiales del sur de la Provincia de Córdoba. Bol. Soc. Argent. Bot. 2006, 41(3-4): 203-231.
- NOVOA, M. D., MARTINEZ DE FABRICIUS, A. L., LUQUE, M. E & LOMBARDO, D. 2011. Distribución temporal del fitoplancton en un lago urbano del centro de Argentina (Río Cuarto, Córdoba). Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias, 13(2): 1-14.
- OLIVA MARTINEZ, M. C., A. RODRIGUEZ ROCHA, A. LUGO VAZQUEZ & M. R. SANCHEZ RODRIGUEZ. 2008. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. Hidrobiológica 18(1): 13.

- OLIVERA, L. 2015. Estudio de la biodiversidad algal y determinación de calidad de agua y estado trófico en la Laguna Ea. Ansín, Provincia de La Pampa (Argentina). Tesis de grado. Universidad Nacional de La Pampa. 73 pp.
- ORIANI, M. B. 2014. Relevamiento de comunidades algales y determinación del estado trófico y calidad de agua en la laguna Luan Lauquen, Provincia de La Pampa (Argentina). Tesis de grado. Universidad Nacional de La Pampa. 49 pp.
- PADISÁK, J.; G. BORGIS; G. FEHÉR; I. GRIGORSKY; I. OLDAL; A. SCHMIDT & Z. ZÁMBÓNÉ-DOMA. 2003. Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hidrobiología* 502: 157-168.
- PATRICK, R. & C. H. REIMER. 1966. The Diatoms of United States. Monogra. I Acad. Sci. Philadel. 13: 1-688.
- PATRICK, R. & C. W. REIMER. 1975. The Diatoms of United States exclusive Alaska and Hawaii. Volume II. Monographs of Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Number. 13, 213 pp.
- PEÑA SALAMANCA, E. J.; M. L. PALACIOS PEÑARALDA & N. OSPINA ALVAREZ. 2005. Algas como indicadoras de contaminación. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 164 pp.
- PILATI, A.; S. ECHANIZ; A. VIGNATTI; A. TRUCCO & S.B. ÁLVAREZ. 2009. Efecto del lavado de la ciudad de Santa Rosa sobre el estado trófico de una laguna arreica. *Biología Acuática* 26: 177-184.
- PILATI, A; S. ECHANIZ; A. VIGNATTI, G. BAZÁN. 2020. Dynamics of an autumn phytoplankton bloom in a hypereutrophic urban lake in the semiarid Pampean region (Argentina). *Anales de Biología*. 42: 21-30.
- PINILLA, G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano, 68 pp.
- QUIRÓS R., J. J. ROSSO; A. RENNELLA; A. SOSNOVSKY y M. BOVER. 2002. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). *Interciencia* 27 (11): 584-591.

- QUIROS, R. 2005. La ecología de las Lagunas Pampeanas. *Investigación y Ciencia*, 1(6): 1-13.
- REYNOLDS, C.S. 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press New York, 535 pp.
- ROLDÁN PÉREZ, G. 1992. *Fundamentos de limnología neotropical*. Portada. Editorial Universidad de Antioquia. 529 pp.
- ROLDÁN PEREZ G. & J. J. RAMIREZ RESTREPO. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2° Edición. Editorial Univ. Antioquía. Medellín Colombia. 442 pp.
- SAHOO P.K; J.T.F, GUIMARÃES; P.W.M, SOUZA-FILHO; R.L, BOZELLI; L.R, DE ARAUJO; R.D.S, MENEZES; P.M, LOPES; M.S.D, SILVA; T.M, RODRIGUES; M.F.D, COSTA; R, DALL'AGNOL. 2017. Limnological characteristics and planktonic diversity of five tropical upland lakes from Brazilian Amazon. *Ann Limnol Int J Lim* 53: 467–483. <https://doi.org/10.1051/limn/2017026>.
- SCHWOERBEL, J. 1975. *Métodos de Hidrobiología*. Ed. Hermann Blume. Madrid. España. 262 pp.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. (2019-2020), <http://www.smn.gov.ar/> Secretaría de Planeamiento, Ministerio de Defensa de la República Argentina.
- SLADECEK, V. 1973. System of water quality from the biological point of view *Arch. Hydrobiol.*, 7: 218 pp.
- SOSA, M., M. D. NOVOA & A. L. MARTÍNEZ DE FABRICIUS. 2011. Ficoflora de la cuenca endorreica fluviolacustre Chucul (Córdoba, Argentina). *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 13(1); 14-23.
- SOSNOVSKY, A. y R. QUIRÓS. 2006. El estado trófico de pequeñas lagunas pampeanas, su relación con la hidrología y el uso de la tierra. *Ecol. Austral*, 16: 115-124.
- STARMACH, K. 1966. Cyanophyta- Scinice, Glaucophyta- Glaucofity. En: *Flora Slodkowodna Polski*, 2. Polsk. Ak. Inst. Bot. Warszawa. 807 pp.
- TABORDA, V.J; D, GIANELLO; I, AGUER; M.C, CRETTAZ MINAGLIA. 2017. Importancia de la conservación de las lagunas urbanas pampeanas. Congreso internacional Aguas, Ambiente y Energía. ISBN: 978-987-575-171-2.

TRUCCO, A. M. 2008. Comparación de las características limnológicas de dos cuencos adyacentes en la laguna Don Tomás (Santa Rosa, La Pampa). Tesis de grado. Universidad Nacional de La Pampa, 35 pp.

VÁSQUEZ, C; ARIZA, A.; PINILLA, G. 2006. Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. *Universitas Scientiarum*, 11(2): 61-75. julio-diciembre.

VIGNATTI, A., S. ECHANIZ, G. CABRERA, M. MANCINI & V. SALINAS. 2018. Dinámica estacional del zooplancton y su relación con los factores ambientales en el lago urbano Dalcar (Córdoba, Argentina). *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, 20 (2): 297-309 pp.

**Anexo:**

Tabla 6: Frecuencia y Valores sapróbicos de las sp. registradas en la Laguna Don Tomás entre mayo 2019- febrero 2020.

	s	H	F.R.
<i>Actinastrum raphidioides</i>	3	3	100
<i>Anabaena sp.</i>	2	3	100
<i>Anabaenopsis arnoldii</i>	2	3	100
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	3	1	25
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	3	1	25
<i>Aulacoseira granulata</i>	3	3	100
<i>A. granulata var. angustissima</i>	3	3	100
<i>Chlorella vulgaris</i>	3	3	100
<i>Clamydmona sp.</i>	3	3	100
<i>Closteriopsis sp.</i>	3	2	50
<i>C. acicularis var. acicularis</i>	3	3	100
<i>Coelastrum microporum</i>	2	2	50
<i>Cosmarium subtumidum</i>	2	2	50
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	3	3	100
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	2	3	100
<i>D. pulchellum</i>	2	3	100
<i>Euglena sp.</i>	4	3	100
<i>E. viridis</i>	4	2	50
<i>Franceia ovalis</i>	2	3	100
<i>Golenkiniopsis longispina</i>	3	1	25
<i>Hantzschia amphioxys</i>	3	2	50
<i>Kirchneriella contorta</i>	3	2	75
<i>K. contorta var. elegans</i>	3	3	100
<i>K. irregularis</i>	3	2	50
<i>K. obesa</i>	2	2	75
<i>Lagerheimia subsalsa</i>	2	2	75
<i>Leptolyngbya angustissima</i>	2	2	50
<i>L. fragilis</i>	2	2	50
<i>L. tenuis</i>	2	3	100
<i>Lyngbya aerugineocaeules</i>	2	2	50
<i>Melosira varians</i>	2	3	100
<i>Merismopedia tenuissima</i>	3	3	100
<i>Microcystis flos-aquae</i>	2	1	25
<i>M. stagnalis</i>	3	3	100
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	3	2	50
<i>M. griffithii</i>	3	3	100
<i>M. irregulare</i>	3	3	100
<i>M. pusillum</i>	2	2	50
<i>Navicula sp.</i>	3	2	75
<i>Nitzschia linearis</i>	4	1	25
<i>Oocystis lacustris</i>	2	3	100
<i>O. parva</i>	3	3	100
<i>Oscillatoria obscura</i>	2	3	100
<i>O. okeni</i>	2	1	25
<i>O. ornata</i>	2	2	50
<i>O. pseudogeminata</i>	3	2	50
<i>O. subbrevis</i>	2	2	50
<i>O. tenuis</i>	3	2	50

<i>Pediastrum boryanum</i>	2	3	100
<i>P. boryanum</i> var. <i>cornutum</i>	2	1	25
<i>P. duplex</i> var. <i>duplex</i>	2	2	50
<i>P. duplex</i> var. <i>gracillimum</i>	2	2	25
<i>P. tetras</i>	2	2	50
<i>Phacus</i> sp.	4	4	75
<i>Phormidium terebriforme</i>	2	2	50
<i>Planktothrix agardhii</i>	2	2	100
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	3	3	100
<i>S. disciformis</i>	3	3	25
<i>S. ecornis</i>	2	2	50
<i>S. longispina</i>	3	3	50
<i>S. opoliensis</i>	2	3	100
<i>S. quadricauda</i>	2	3	100
<i>S. spinosus</i>	3	2	75
<i>Schroederia nitzschioides</i>	2	3	100
<i>S. setigera</i>	2	3	100
<i>Spirulina major</i>	3	2	50
<i>S. subsalsa</i>	3	1	25
<i>Stephanodiscus dubius</i>	2	2	100
<i>Synechococcus aeruginosus</i>	1	2	50
<i>Synedra ulna</i>	2	2	75
<i>Tetraëdron caudatum</i>	2	2	50
<i>T. minimum</i>	2	3	100
<i>T. triangulare</i>	2	2	75
<i>Tetrastrum elegans</i>	2	3	100
<i>T. peterfi</i>	2	2	50
<i>T. staurogeniaeforme</i>	2	2	50
<i>T. triangulare</i>	2	2	75
<i>Trachelomona</i> sp.	3	2	75

