

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y AGRIMENSURA**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

LICENCIATURA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**“CIANOBACTERIAS PLANCTÓNICAS COMO  
INDICADORAS DE CALIDAD DE AGUAS DE LAGUNAS  
EN CONTEXTOS AGRICOLAS DEL DEPARTAMENTO  
DE BELLA VISTA (CTES, ARGENTINA)”.**

Autora: Silvia Evangelina Martínez

Director: Dr. Contreras, Félix Ignacio

Co-Directora: Dra. Forastier, Marina.

Lugar: Grupo de Geografía Física

Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CONICET- UNNE)

**2021**

### Agradecimientos

Mi mayor agradecimiento a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, y aquellos profesores que participaron y dejaron huellas en mi formación.

A la Secretaria General de Ciencia y Técnica (SGCyT), por financiar esta tesina en el marco de una Beca de Pregrado.

Al Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL), al Laboratorio de Ficología (FaCENA) y al de Microbiología Aplicada (FCA) por permitirme usar las instalaciones.

A mi director y codirectora, por guiarme en la realización de este trabajo y prepararme para iniciar una nueva etapa como profesional.

A mi familia y amigos por su apoyo y a aquellas personas que me han acompañado en las campañas.

### Dedicatoria

Este trabajo va dedicado especialmente a mis padres que me dieron la oportunidad de estudiar esta linda carrera, a mis amigas que esta casa de estudios me regalo, a los que me alojaron en este último trayecto, a mis directores que me súper ayudaron y aconsejaron en esta instancia.

## ÍNDICE

	<b>Pp.</b>
<b>RESUMEN</b>	4
<b>INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>OBJETIVOS</b>	7
Objetivo General.	7
Objetivos Particulares.	7
<b>HIPÓTESIS</b>	7
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	8
Área de estudio.	8
Análisis de la variabilidad climática.	12
Análisis de la calidad del agua.	12
Análisis de fitoplancton.	12
<b>RESULTADOS</b>	14
Determinación de los eventos extremos de inundación y sequía.	14
Características físico-químicas de las lagunas estudiadas.	15
Análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton de las lagunas periurbanas.	17
<b>DISCUSIÓN</b>	22
Impacto de la actividad inmobiliaria durante el evento extremo de sequía.	22
Características físico-químicas de las lagunas estudiadas.	23
Comparación del estado limnológico de las lagunas Toro y Correa entre los años 2008 (Forastier, 2012) y 2019.	24
Nuevo registro de <i>Ceratium</i> en ambientes lacustres periurbanos de la ciudad de Bella Vista (Ctes.)	26
<b>CONCLUSIÓN</b>	28
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	30

## RESUMEN

Los ecosistemas presentes en nuestro planeta han sido transformados a causa de dinámicas naturales y/o antrópicas. Las actividades humanas como la deforestación, producción agropecuaria, desarrollo industrial, urbanización, han generado serios problemas ambientales tales como la reducción o pérdida total de la capacidad de dichos ecosistemas de proveer servicios ambientales y/o en la reducción de la integridad y salud de los ecosistemas. Según un inventario global que se realizó en el año 2010, la agricultura es el mayor usuario de agua dulce, usando un promedio global del 70% de todos los suministros hídricos superficiales y es al mismo tiempo causa y víctima de la contaminación de los recursos hídricos. Por otra parte, la promoción del desarrollo humano implica impactos en la naturaleza, principalmente cuando el mismo requiere del uso de extensas superficies. Un ejemplo de ello es el crecimiento espacial de las ciudades, que en muchos casos genera un cambio en la cobertura del suelo, y por lo tanto la oferta de bienes y servicios ofrecidos en el paisaje en los cual se inserta.

El paisaje de lomadas arenosas corresponde al abanico aluvial del río Paraná, el cual tiene una extensión de 250 km de largo y 500 km de ancho. En el territorio argentino, esta región se distribuye en dieciséis departamentos, siendo Ituzaingó el vértice del mismo. Estas lomadas son interfluvios que sobresalen entre 5 y 10 m del terreno circundante anegadizo, asociado a cañadas y esteros. Fitogeográficamente, se lo asocia con la selva Paranaense, siendo los pastizales de *Andropogon lateralis* quienes predominan, seguidos de isletas boscosas de *Prosopis* sp. Otro elemento significativo lo constituyen las lagunas que, según los antecedentes, en la región existen 38926, con una densidad de 3 lagunas/km<sup>2</sup> y una densidad lacustre del 20%.

Las lagunas son consideradas como centinelas a la hora de detectar cambios vinculados a eventos meteorológicos. En base a lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue realizar un seguimiento del estado limnológico de lagunas periurbanas de la ciudad de Bella Vista durante los eventos extremos de inundación y sequía registrados en el año 2019.

Es preciso generar el conocimiento de base para decidir acciones de protección ambiental, por lo cual es necesario realizar análisis de los impactos que generan las actividades anteriormente mencionadas, sobre los cuerpos de aguas someros. Los resultados son una contribución al conocimiento de estas lagunas, los cuales permiten tener una visión más integral del sistema, necesario en el ordenamiento territorial del paisaje que las contiene.

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas presentes en nuestro planeta han sido transformados en gran medida, a causa de dinámicas naturales y/o antrópicas. Principalmente las actividades humanas como la deforestación, producción agropecuaria, desarrollo industrial, urbanización, han generado serios problemas ambientales tales como la pérdida de biodiversidad, contaminación, la reducción o pérdida total de la capacidad de dichos ecosistemas de proveer servicios ambientales (agua, suelo, productividad, recursos vegetales y animales, fijación de CO<sub>2</sub>) y, en general, una reducción de la integridad y salud de los ecosistemas, con graves consecuencias para la sostenibilidad de las sociedades humanas presentes y futuras (Vargas y Mora, 2008).

Según un inventario global que realizó la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) en el año 2010, la agricultura es la actividad que consume la mayor cantidad agua dulce, usando un promedio global del 70% de todos los suministros hídricos superficiales. El agua utilizada en la agricultura se recicla de nuevo en forma de agua superficial y/o subterránea. No obstante, la agricultura es, al mismo tiempo, causa y receptora de la contaminación de los recursos hídricos. Es causa, por la descarga de contaminantes y sedimentos en las aguas superficiales y/o subterráneas, por la pérdida neta de suelo como resultado de prácticas agrícolas desacertadas y por la salinización y anegamiento de las tierras de regadío. Es receptora, por el uso de aguas residuales y aguas superficiales y subterráneas contaminadas, que contaminan a su vez los cultivos y transmiten enfermedades a los consumidores y trabajadores agrícolas (Ongley, 1997).

El paisaje de lomadas arenosas corresponde al abanico aluvial del río Paraná, el cual tiene una extensión de 250 km de largo y 500 km de ancho. En el territorio argentino, esta región se distribuye en dieciséis departamentos, siendo Ituzaingó el vértice del mismo. Estas lomadas son interfluvios que sobresalen entre 5 y 10 m del terreno circundante anegadizo, asociado a cañadas y esteros. En la actualidad se lo describe como un paisaje de pastizales de *Andropogon lateralis* e isletas boscosas de *Prosopis* sp., los cuales se intercalan con un gran número de pequeñas lagunas circulares, temporales y permanentes, que se distribuyen sobre toda la región, y alcanzan un total de 38926 cuerpos de agua (Contreras y Contreras, 2017). La mayoría de ellas tienen baja salinidad, pH variable, buena disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua, baja concentración de nitrógeno total y aguas transparentes colonizadas por vegetación sumergida y palustre (Poi y Galassi, 2013).

Las diversas actividades humanas implican diferentes impactos sobre los ecosistemas acuáticos, entre los que se destacan: la descarga de aguas servidas no tratadas desde fuentes puntuales y no puntuales y la descarga de efluentes industriales y agrícolas. Precisamente, ésta última genera repercusiones directas sobre los cuerpos de agua someros, en lo que respecta a la cantidad y distribución de los mismos. A esta situación se le incorpora la reducción de las cuencas de captación, la remoción del suelo que genera la colmatación de las lagunas y, por otra parte, la incorporación de fertilizantes y pesticidas que inciden directamente en la calidad del agua, poniendo en riesgo el ecosistema que en ellas se inserta (Contreras y Paira, 2016).

Entre los procesos de contaminación acuática la eutrofización es uno de los más frecuentes. Consiste en forzar un sistema acuático desde el exterior, con la incorporación de más nutrientes, y también de materia orgánica, que alteran temporalmente las condiciones de equilibrio, induciendo desviaciones en

las características del sistema, en su composición biótica y en su sucesión (Margalef *et al.*, 1983; Soncco Murga y Álvarez Rivas, 2020). Este fenómeno puede ser natural o artificial, cuando es natural, es un proceso lento y continuo que resulta del aporte de nutrientes traídos por las lluvias y por las aguas superficiales que erosionan y lavan la superficie terrestre. Cuando se produce artificialmente, es decir, cuando es inducido por el hombre, la eutrofización se denomina artificial, cultural o antrópica. En este caso, los nutrientes pueden tener diferentes orígenes, como: efluentes domésticos, efluentes industriales y/o actividades agrícolas, entre otras (Esteves, 2011).

La eutrofización produce un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad. En los ecosistemas acuáticos eutrofizados, se comienza a dar una alteración de la biota y de la diversidad biológica, provocando una proliferación de algas unicelulares, algas verdes-azuladas (cianobacterias) y de macrófitas en exceso (RAP-AL, 2010).

Para analizar la carga potencial de nutrientes que llega a las lagunas se recomienda conocer el contexto del paisaje que funciona como área de aporte (OECD, 1982). Las concentraciones de nutrientes, en especial el fósforo, depende del tipo de vegetación circundante, de la permeabilidad de los suelos, de las características del escurrimiento, de la cantidad y distribución de las lluvias y de las formas de uso del suelo.

Ante escenarios de cambio global asociados a la variabilidad climática y la manifestación de eventos extremos, ha despertado el interés por conocer cómo la misma afecta a los humedales y a las dinámicas naturales que en ellos ocurren (Contreras y Duval, 2021). Existen numerosos trabajos en los que se intenta determinar, mediante casos locales y regionales, la influencia de los parámetros climáticos sobre la dinámica de los cuerpos de agua superficiales (Coops *et al.*, 2003; Torremorel *et al.*, 2007; Rosenzweig *et al.*, 2007; Wantzen *et al.*, 2008; Hofmann *et al.*, 2008; Satya Panigrahi *et al.*, 2009). Éstos abordan el problema desde diversos puntos de vista tales como la variabilidad de nutrientes y composición de la biomasa algal, turbidez y transparencia de las aguas, los efectos ecológicos de las fluctuaciones del nivel del agua en los lagos, así como también la variabilidad en la composición del zooplancton (Contreras y Duval, 2021).

Es preciso generar el conocimiento de base para decidir acciones de protección ambiental, por lo cual es necesario realizar análisis de los impactos que generan las actividades agrícolas, sobre los cuerpos de aguas someros. En este sentido, el Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CONICET – UNNE), posee una amplia trayectoria en el estudio de humedales subtropicales y en particular, sobre las lagunas del paisaje de lomadas arenosas de la provincia de Corrientes. En este sentido, en Poi de Neiff *et al.* (1999a) se midió el grado de eutrofización de lagunas afectadas por desechos producidos por asentamientos urbanos cercanos, como estudio de caso. En dicho trabajo, se estableció que la laguna Soto (Departamento Saladas), hasta comienzos de 1997, los efluentes no tratados de los pobladores con sistema de recolección de aguas cloacales eran descargados sin tratamiento en las aguas de esta laguna, al punto que; debido a la aparición de una densa floración algal se debió desestimarse su uso como balneario (Poi de Neiff, *et al.*, 1999b).

En Frutos *et al.*, (2009) se estudió la abundancia y riqueza del zooplancton comparando a la laguna Soto (eutrofizada) como resultado de lo recientemente mencionado, con la laguna Sánchez (Mesotrófica), que se encuentra próxima a la anterior, pero en un contexto más natural. Los resultados demostraron que

la laguna Soto poseía mayor riqueza rotíferos que la Sanchés, debido a las elevadas temperaturas y a las mayores concentraciones de cianobacterias. Recientemente, este GID ha publicado en Poi et al., (2016), una síntesis de cómo ambas lagunas han variado su estado trófico en los últimos 20 años, concluyendo que son necesarios estudios a largo plazo en lagunas alimentadas por lluvias que contemplen períodos secos y lluviosos para dar un diagnóstico preciso del estado ecológico. En lagunas tropicales y subtropicales con limitación de la producción primaria por nitrógeno es necesario el análisis de distintos indicadores, además del contenido de nutrientes. Las lagunas someras estudiadas tienen flujos horizontales con las áreas aledañas a través de fuentes difusas y no se comportan como sistemas de tendencia casi cerrada de circulación vertical como los lagos profundos.

Desde un enfoque social, el GID de reciente formación en el cual se inserta este plan de trabajo, ha publicado la importancia de las lagunas en la configuración del paisaje de lomadas arenosas (Contreras, 2011), las características paisajísticas del total de 38926, cuya densidad es de 3 lagunas por km<sup>2</sup> y la densidad lacustre representa el 20% del paisaje de lomadas arenosas (Contreras y Contreras, 2017). Sin embargo, en Contreras (2015), Contreras y Fantín (2015) y Contreras *et al.*, (2020), se hace mención de la fuerte presión que ejerce el desarrollo de la población frente al paisaje de lomadas arenosas, el cual actúa como alternativa de lugares elevados, en relación a los contextos de inundación y anegamientos característicos de la región.

## **OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES**

### **Objetivo general**

- ✓ Realizar un seguimiento del estado limnológico de lagunas periurbanas de la ciudad de Bella Vista durante los eventos extremos de inundación y sequía registrados en el año 2019.

### **Objetivos particulares**

- ✓ Determinar los eventos de inundación y sequía a lo largo del año 2019.
- ✓ Determinar las características físico-químicas de las lagunas periurbanas como respuesta a los períodos de escasez y abundancia de lluvia.
- ✓ Identificar especies de cianobacterias indicadoras de eutrofización y potencialmente tóxicas.
- ✓ Estimar la abundancia y analizar la composición del fitoplancton de lagunas en contextos periurbanos.

## **HIPÓTESIS DE TRABAJO**

- ✓ Las características físico-químicas de las aguas de las lagunas estudiadas difieren en los períodos de escasez y abundancia de lluvias.
- ✓ La composición de cianobacterias en lagunas con constante acción antrópica, se mantiene en el tiempo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio está ubicada en la región de lomadas arenosas de la provincia de Corrientes (Argentina), pertenecientes al abanico aluvial del río Paraná y que, en la actualidad, posee una superficie de 11985 Km<sup>2</sup> distribuida en 16 departamentos (Figs. 1 y 2). Estas lomadas arenosas se caracterizan por la presencia de 38926 cuerpos de agua someros que, según Contreras (2016), representan el 20% del paisaje y posee una densidad de tres lagunas por km<sup>2</sup> (Contreras y Contreras, 2017).

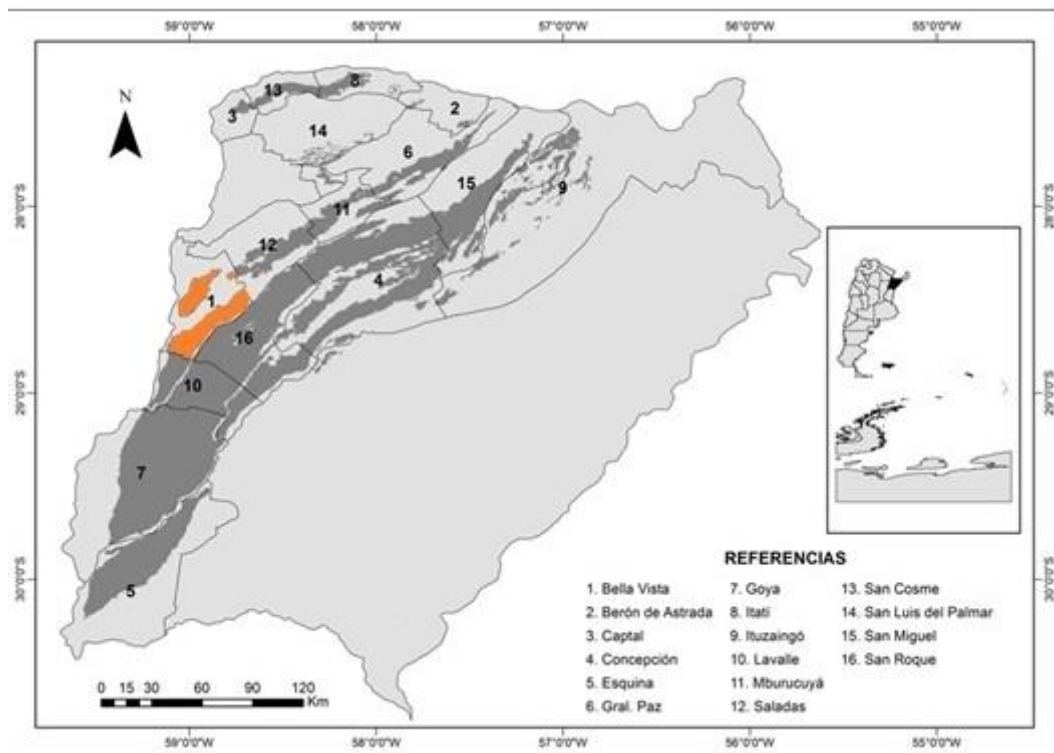


Fig.1. Área de estudio. Distribución de las lomadas arenosas en la provincia de Corrientes.

FUENTE: Contreras y Contreras (2017)

Mediante la observación de imágenes satelitales, Contreras *et al.*, (2018) distinguieron con claridad los tres tipos de formaciones vegetales descritas por Carnevali (1994): pastizales, palmares y selvas marginales o ribereñas.

*Pastizales*: ubicado sobre planicies arenosas pardo amarillentas, cordones arenosos en abanico, complejos aluviales e islas arenosas con Entisoles perfectamente drenados, poco o medianamente profundos, a veces por hidromorfismo temporario por falsa napa, desde anegables a inundables. Se compone principalmente de *Andropogon lateralis*, acompañados de *Sorghastrum agrostoides*, *Paspalum plicatulum*, *Digitaria swalleniana*, *Tridens brasiliensis* y en ocasiones, *Deyeuxia splendens*, *Briza uniolae*, *Digitaria insularis*, *Eupatorium candolleianum* e *Hyptis lappacea*.



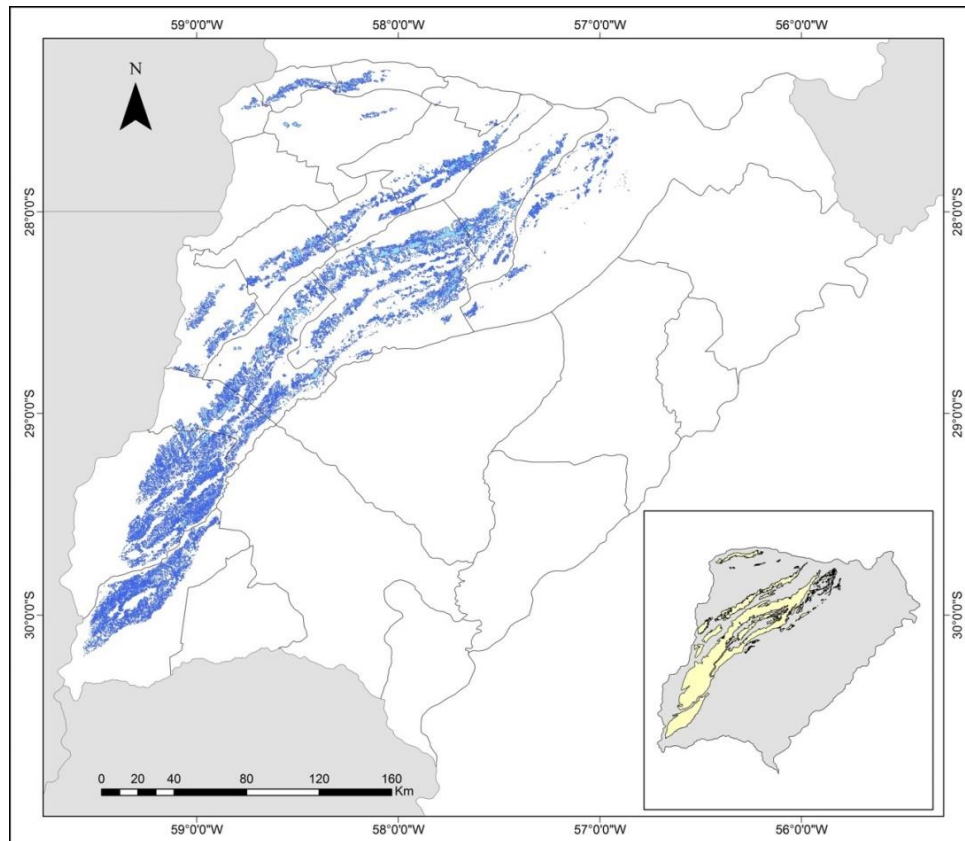


Fig. 2. Distribución de lagunas del paisaje de lomadas arenosas de la provincia de Corrientes.

FUENTE: Contreras y Contreras (2017)

El área de estudio pertenece a la zona periurbana de la ciudad de Bella Vista (Corrientes), que si bien se encuentra sobre la margen izquierda del río Paraná, el crecimiento espacial de su ejido urbano hacia el este, la lleva a asentarse sobre el paisaje de lomadas arenosas, correspondiente al abanico aluvial del río Paraná. Para llevar a cabo esta investigación, se realizó la toma de muestras de tres lagunas periurbanas: Toro, Correa y Aeroclub (Figs. 3 y 4).

Las lagunas del departamento de Bella Vista se destacan por su pequeño tamaño, fondo arenoso, sin o con escasa vegetación, generalmente de aguas turbias debido a la alta densidad de fitoplancton (Forastier, 2012). Las lagunas estudiadas se ubican cerca de la zona urbana y presentan plantaciones de cítricos en su proximidad, pudiendo recibir el aporte de los agroquímicos utilizados en dichas plantaciones.

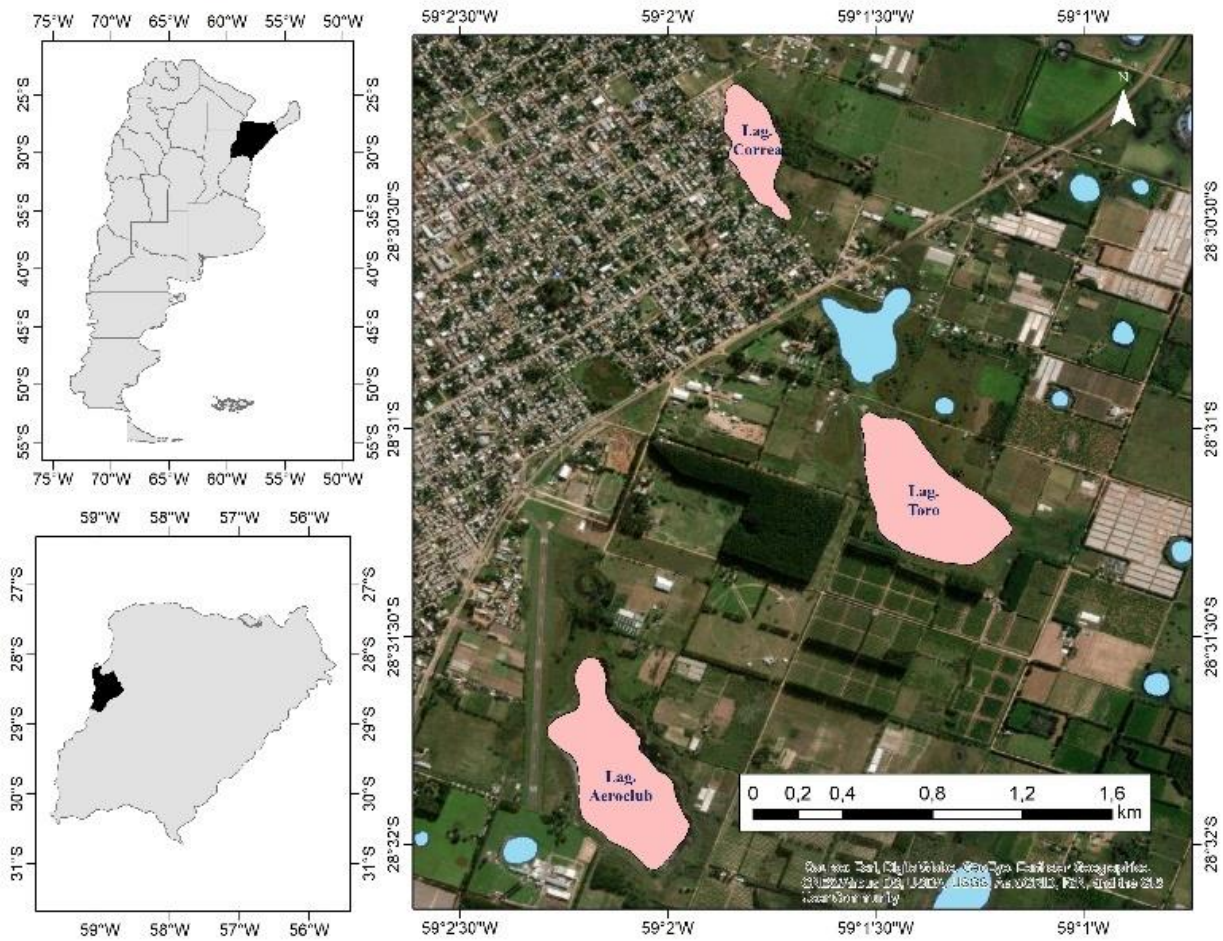


Fig.3. Área de estudio



Fig.4. Fotografía de las lagunas: A. Toro; B. Correa y C. Aeroclub  
Fuente: Fotografía de Silvia Evangelina Martínez (2019)

## **Análisis de la variabilidad climática**

Para conocer los valores medios mensuales de las precipitaciones en la región, se utilizaron los datos de la estación meteorológica EEA – Bella Vista perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Para analizar las condiciones húmedas y de sequía, fue utilizado el Índice de Evapotranspiración y Precipitación Estandarizada (SPEI por sus siglas en inglés). Este índice tiene en cuenta tanto las precipitaciones como la evapotranspiración potencial en su formulación para expresar las relaciones de oferta y demanda de agua, a fin de comprender las influencias del cambio climático (Vicente-Serrano *et al.*, 2012).

Los datos utilizados de SPEI 1 corresponden a datos mensuales entre los años 1950 y 2019. Los valores mensuales (SPEI-1) permiten conocer la distribución y el porcentaje de ocurrencia de eventos extremos durante el año, lo que permite realizar comparaciones intraanuales durante el período de estudio. Los conjuntos de datos tienen una resolución espacial de 0.5 ° por 0.5 ° y se extrajeron para el punto de cuadrícula en Lat. -29.25 y Long: -62. Para el análisis de los eventos de inundación y sequía, se han clasificado los resultados en función de sus valores: Inundación extrema (IE) (SPEI > 2,0), severa (1,99 >SPEI > 1,5), moderada (1,49 >SPEI > 1), normal (1,0 >SPEI <-1,0), sequía extrema (SE) (SPEI < - 2,0), severa (-1,5 <SPEI <-1,99), moderada (-1,0 <SPEI <-1,49) y casi normal (1,0 <SPEI < 1,0).

## **Análisis de la calidad del agua**

La toma de muestras del agua de las lagunas periurbanas se realizó en cuatro momentos, uno por cada estación del año, a la misma hora y en los puntos previamente seleccionados durante el reconocimiento del área de estudio. Fueron recolectadas en botellas tipo PET de 2 litros, limpias y con tapa a rosca, enjuagadas previamente con agua de la laguna.

Dichas muestras fueron remitidas inmediatamente y debidamente acondicionadas, al Laboratorio de Química Ambiental (LABQUIAM), de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste, para el análisis del contenido de nutrientes como: *amonio*, *nitrito*, *nitrato*, *fosfato* y *potasio*, fueron determinados por el personal especializado de dicho laboratorio.

Los parámetros fisicoquímicos medidos *in situ* fueron: *pH*, *conductividad eléctrica*, *temperatura*, *transparencia*, *sólidos totales* y *oxígeno disuelto*, para lo cual se utilizó el equipo multiparamétrico portátil Hanna HI98129 y oxímetro portátil Lutron PDO519.

## **Análisis de fitoplancton**

Se tomaron muestras cuantitativas y cualitativas en las cuatro estaciones del año, a la misma hora y en los puntos previamente seleccionados durante el reconocimiento del área de estudio. Para conocer el número de algas que hay en un determinado volumen de agua, se tomaron las muestras sin concentrar sub-superficialmente en botellas de 500ml (cuantitativas), de manera tal que se recolectan también las algas más pequeñas, inferiores al tamaño de apertura de la red. Seguidamente se fijó con lugol acético para su conservación y posterior análisis en el laboratorio. Las muestras cualitativas de fitoplancton fueron

recolectadas con una red de plancton. Esta red consiste de 1 mango, 1 aro de metal y 1 red de tela, en forma de cono cuya apertura de malla es de unos 25  $\mu\text{m}$ , llevando en su parte más estrecha un frasco colector. La misma se pasó varias veces por el agua, el agua se filtró a través del tejido y las algas se concentraron en el frasco colector. Posteriormente, su contenido fue volcado en frascos rotulados y fijado con formol al 4%. El objetivo de la fijación es detener los procesos vitales conservando la forma de las estructuras mediante el uso de sustancias que actúan precipitando las grandes moléculas proteicas que forman parte de las estructuras celulares.

Las muestras cuantitativas fueron analizadas en microscopio invertido, utilizando los métodos de Utermöhl (1958) y Luan *et al.* (1958), se emplearon cámaras tubulares de 2, 5 y 10  $\text{cm}^3$  de acuerdo a la concentración de fitoplancton y/o material orgánico o inorgánico presente en cada muestra. Se contaron como mínimo 100 individuos dominantes (células, cenobios, colonias, filamentos, tal como se encuentran en la naturaleza) y fueron expresados como individuos por mililitro ( $\text{ind.ml}^{-1}$ ). Las muestras cualitativas fueron analizadas bajo microscopio óptico, y para las determinaciones genéricas se utilizaron claves taxonómicas en base a la clasificación de Komárek y Anagnostidis (1986, 1989, 1998, 2005), como así también se utilizó la página de AlgaeBase ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)), para chequear la última taxonomía.

## RESULTADOS

### Determinación de los eventos de eventos extremos de inundación y sequía.

Considerando las precipitaciones anuales del año 2019, las cuales alcanzaron un valor máximo de 1365 mm, se podría describir como un año normal, teniendo en cuenta que, en la región, el valor medio es de 1400 mm. Sin embargo, el análisis intra-anual muestra que las precipitaciones tuvieron una fuerte concentración estacional, principalmente en los meses más cálidos y siendo nulas a mediados de año (Fig. 5).

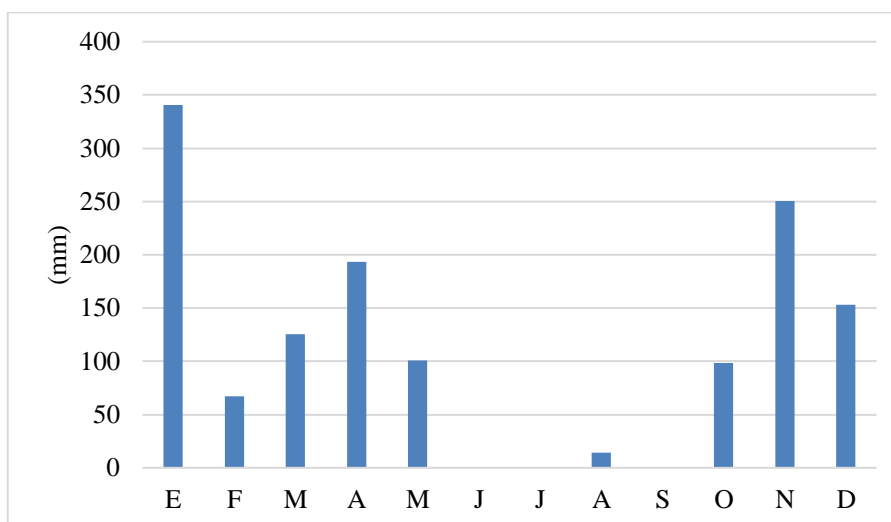


Fig. 5. Distribución anual de las precipitaciones. Año 2019.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Estación EEA – Bella Vista (INTA).

En cuanto al análisis de las precipitaciones, la curva del SPEI 1 demuestra que, si bien el monto de las precipitaciones indicaría que se trató de un año normal, a lo largo del 2019 se evidenciaron dos momentos de eventos extremos, tanto de inundaciones como de sequías, en concordancia con los montos pluviométricos. Es decir que, en el año, las precipitaciones fueron el doble de lo normal, motivo por el cual se alcanzaron valores superiores a 2 (SPEI) (Fig. 6).

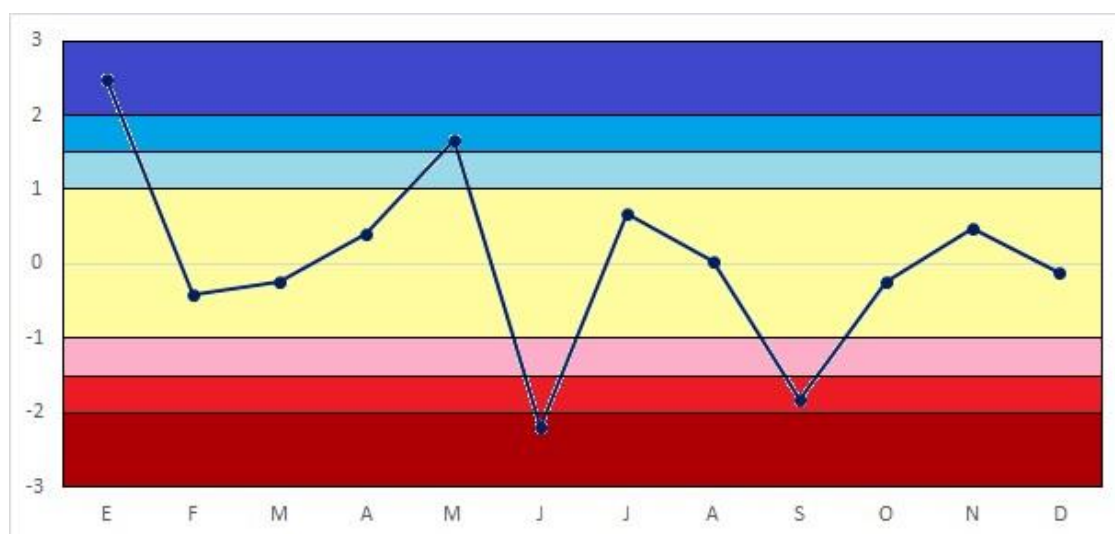


Fig. 6. Valores mensuales de SPEI – 1 en Bella Vista (Corrientes). Año 2019.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de <https://spei.csic.es/index.html>.

Las precipitaciones abundantes durante el mes de enero permitieron que las lagunas estudiadas se mantuvieran ocupando la totalidad de sus cubetas, durante el primer muestreo realizado durante el mes de marzo. Sin embargo, a partir de los muestreos siguientes, fue notorio el descenso del nivel del agua de las lagunas, en algunos casos reduciendo su profundidad en más de un metro (Laguna Correa) o disminuyendo su superficie en más de 10 m en sentido horizontal, por tratarse de una cubeta plana (Laguna Toro).

### Características físico-químicas de las lagunas estudiadas.

Los resultados de las características físico-químicas de las lagunas periurbanas de la ciudad de ella Vista (Ctes) se muestran en las Figuras 7 (Oxígeno disuelto), 8 (pH), 9 (Conductividad eléctrica) y 10 (Total solido suspendido).

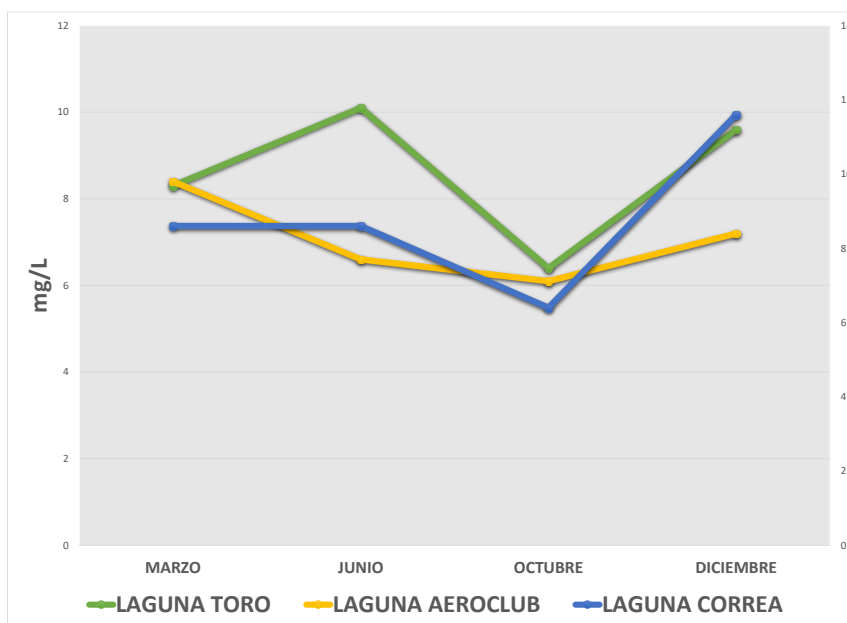


Fig. 7. Oxígeno disuelto del agua de las lagunas estudiadas (Bella Vista, Corrientes), en las cuatro estaciones del año. Año 2019.

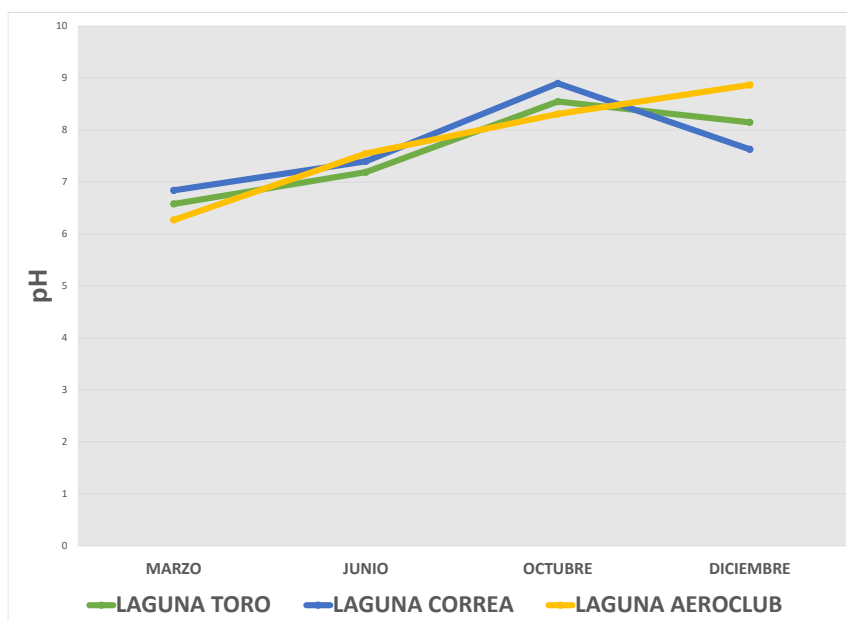


Fig. 8. pH del agua de las lagunas estudiadas (Bella Vista, Corrientes), en las cuatro estaciones del año. Año 2019.

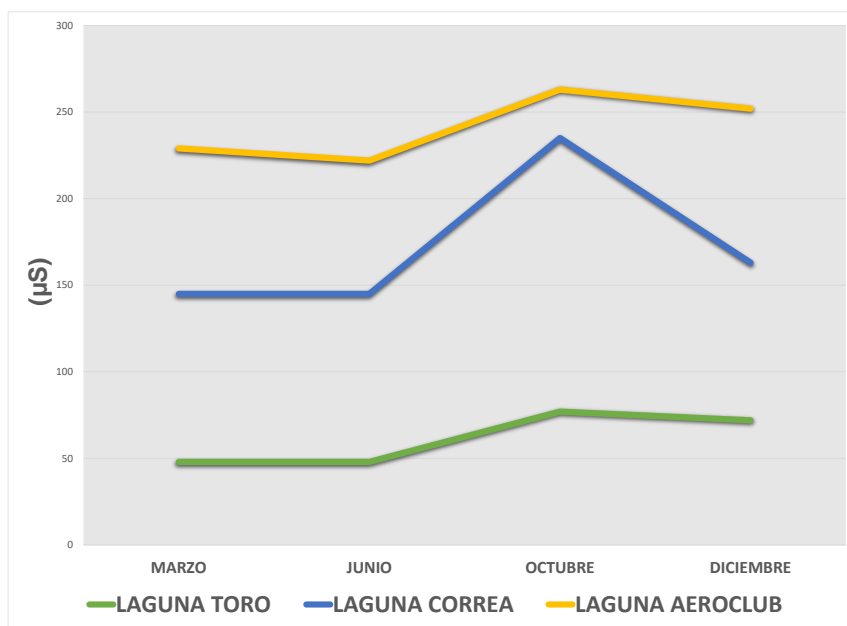


Fig. 9. Conductividad eléctrica del agua de las lagunas estudiadas (Bella Vista, Corrientes), en las cuatro estaciones del año. Año 2019.

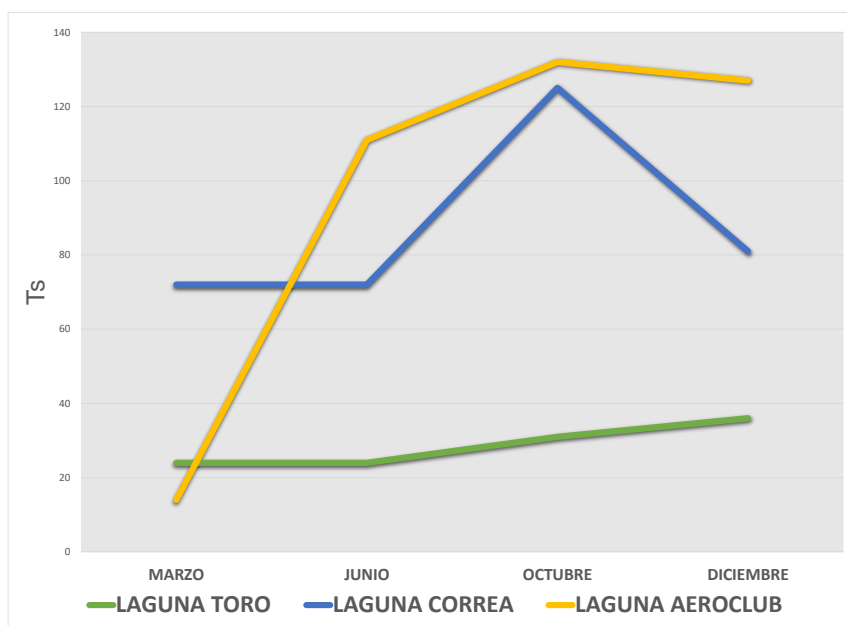


Fig. 10. Total solidos suspendidos del agua de las lagunas estudiadas (Bella Vista, Corrientes), en las cuatro estaciones del año. Año 2019.

Por otro lado, el contenido de nutrientes por lagunas y por periodos se encuentran en las Tablas 1 (Laguna Toro), 2 (Laguna Correa) y 3 (Laguna Aeroclub).



Tabla 1. Contenido de nutrientes registrados en la laguna Toro (Bella Vista, Corrientes), en las distintas fechas de muestreo. Año 2019.

	20/03	20/06	08/10	10/12
AMONIO (mg/L)	0,18	-	< 0,05	1,08
NITRITO (mg/L)	nd	-	< 0,02	0,01
NITRATO (mg/L)	0,23	-	0,06	0,04
FOSFATO (mg/L)	nd	-	< 0,1	< 0,1

Tabla 2. Contenido de nutrientes registrados en la laguna Correa (Bella Vista, Corrientes), en las distintas fechas de muestreo. Año 2019.

	20/03	20/06	08/10	10/12
AMONIO (mg/L)	0,96	-	1,48	2,37
NITRITO (mg/L)	0,01	-	< 0,02	< 0,02
NITRATO (mg/L)	0,22	-	0,19	0,02
FOSFATO (mg/L)	nd	-	< 0,1	< 0,1

Tabla 3. Contenido de nutrientes registrados en la laguna Aeroclub (Bella Vista, Corrientes), en las distintas fechas de muestreo. Año 2019.

	20/03	20/06	08/10	10/12
AMONIO (mg/L)	0,21	-	< 0,05	0,55
NITRITO (mg/L)	nd	-	< 0,02	< 0,02
NITRATO (mg/L)	0,23	-	0,19	0,12
FOSFATO (mg/L)	nd	-	< 0,1	< 0,1

### **Análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton de las lagunas periurbanas.**

Con los resultados del análisis cualitativo de las lagunas Toro, Correa y Aeroclub, se han registrado 46 taxones reunidos en 8 grupos taxonómicos (Ver tabla 4, Fig. 11). La división Chlorophyta presentó la mayor riqueza, con un 39 % del total de especies, seguida de Cianobacterias con un 26 %. Dinophyta, Euglenophyta, Chrysophyceae, Xanthophyceae, Bacillariophyceae y Cryptophyta presentaron menores valores.

Tabla 4: Riqueza del fitoplancton registrado en las lagunas estudiadas de Bella Vista, Corrientes. Año 2019

Géneros	Sitios de muestreos		
	Laguna Toro	Laguna Correa	Laguna Aeroclub
<b>CYANOBACTERIA</b>			
<i>Aphanocapsa</i> sp.	+	+	+
<i>Microcystis</i> sp.	-	+	-
<i>Chroococcus</i> sp.	+	-	-
<i>Coelosphaerium</i> sp.	+	-	-
<i>Gomphosphaeria</i> sp.	+	-	-
<i>Merismopedia</i> sp.	+	-	-
<i>Snowella</i> sp.	+	-	-
<i>Oscillatoria</i> sp.	+	+	+
<i>Leptolyngbya</i> sp.	-	+	-
<i>Planktolyngbya</i> sp.	+	-	-
<i>Planktothrix</i> sp.	+	+	+
<i>Dolichospermum</i> sp.	+	-	+
<b>DINOPHYTA</b>			
<i>Ceratium</i> sp.	+	+	+
<i>Dinoflagelado c/ placas</i>	+	+	-
<i>Dinoflagelado desnudo</i>	-	+	-
<b>EUGLENOPHYTA</b>			
<i>Euglena</i> sp.	+	+	+
<i>Trachelomonas</i> sp.	+	+	+
<i>Phacus</i> sp.	+	+	-
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>			
<i>Dinobryon</i> sp.	+	+	+
<i>Mallomonas</i> sp.	+	+	-
<i>Synura</i> sp.	+	+	+
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>			
<i>Aulacoseira</i> sp.	+	+	-
<i>Diatomeas pennadas</i>	+	+	+
<b>XANTHOPHYCEAE</b>			
<i>Tribonema</i> sp.	-	+	-
<i>Isthmochloron</i> sp.	+	+	-
<i>Tetraedriella</i> sp.	+	-	-
<b>CHLOROPHYTA</b>			
<i>Scenedesmus</i> sp.	+	-	+

<i>Monoraphidium</i> sp.	-	-	+
<i>Actinastrum</i> sp.	+	-	+
<i>Pediastrum</i> sp.	+	-	+
<i>Euastrum</i> sp.	+	-	+
<i>Mougeotia</i> sp.	+	+	+
<i>Staurastrum</i> sp.	+	-	+
<i>Micrasterias</i> sp.	+	-	+
<i>Staurodesmus</i> sp.	-	-	+
<i>Eudorina</i> sp.	+	+	-
<i>Closterium</i> sp.	+	+	-
<i>Selenastrum</i> sp.	+	-	-
<i>Botryococcus</i> sp.	+	-	-
<i>Golenkinia</i> sp.	+	-	-
<i>Kirchneriella</i> sp.	+	-	-
<i>Oedogonium</i> sp.	+	-	-
<i>Cosmarium</i> sp.	+	-	-
<i>Spirogyra</i> sp.	+	-	-
<b>CRYPTOPHYTA</b>			
<i>Cryptomonas</i> sp.	+	+	+



Fig. 11: Principales géneros de algas registradas en las lagunas estudiadas. 1- Dinophyta: *Ceratium* sp., 2- Cianobacterias: *Planktothrix* sp. 3- Bacillariophyceae: Diatomeas pennadas, 4- Chrysophyceae: *Synura* sp., 5- Chlorophyta: *Euastrum* sp., 6- Euglenophyta: *Euglena* sp. Fuente: Fotografía de Martínez, Silvia Evangelina (2019).

La densidad de fitoplancton total varió entre los taxa. La división Euglenophyta fue la más representativa con 8193 Ind.ml<sup>-1</sup> (34 %), seguida de Bacillariophyceae con 6854 Ind.ml<sup>-1</sup> (28 %) y Chlorophyta con 4558 Ind.ml<sup>-1</sup> (19 %). Entre los grupos con menor densidad se encuentran Dinophyta con 1559 Ind.ml<sup>-1</sup> (6 %), Cianobacterias 1504 Ind.ml<sup>-1</sup> (6 %), Chrysophyceae 1346 Ind.ml<sup>-1</sup> (5 %), Cryptophyta con 141 Ind.ml<sup>-1</sup> (1 %) y Xanthophyceae con 92 Ind.ml<sup>-1</sup> (1%). La densidad total del fitoplancton por lagunas fue mayor en la laguna Correa (16728 Ind.ml<sup>-1</sup>), seguido de la laguna Toro (4962 Ind.ml<sup>-1</sup>) y menor en la laguna Aeroclub (2557 Ind.ml<sup>-1</sup>) (Figs. 12-13-14).

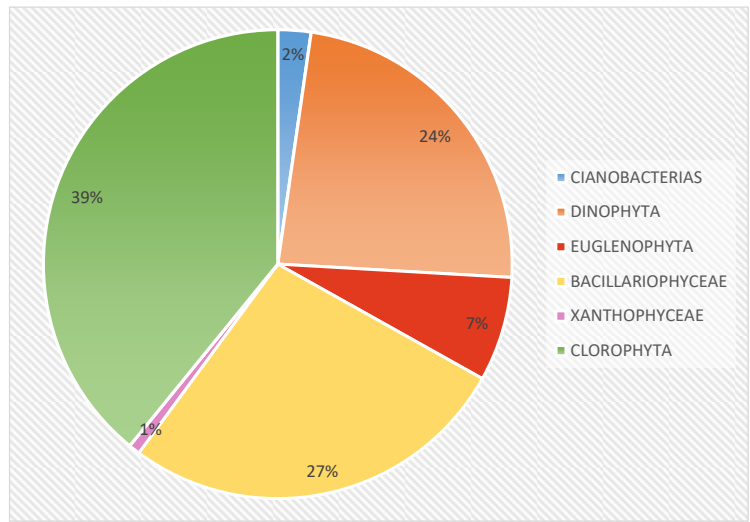


Fig. 12: Proporción de los diferentes taxones del fitoplancton registrados en la laguna Toro, Bella Vista Corrientes. Año 2019.

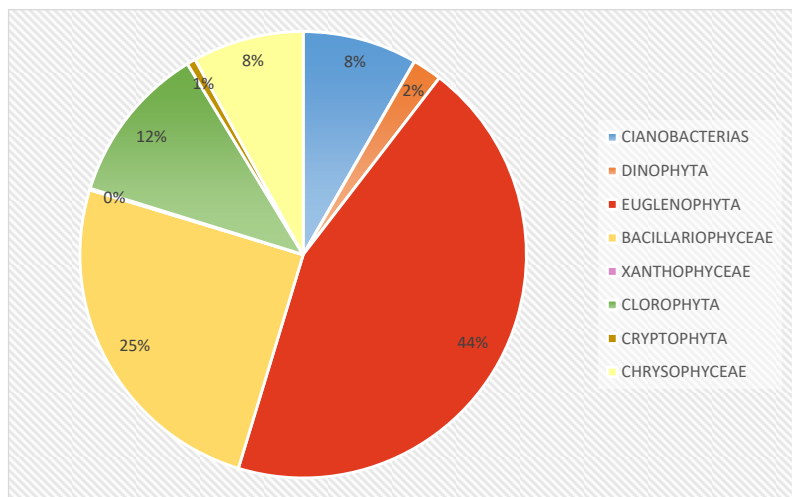


Fig. 13: Proporción de los diferentes taxones del fitoplancton registrados en la laguna Correa, Bella Vista Corrientes. Año 2019.

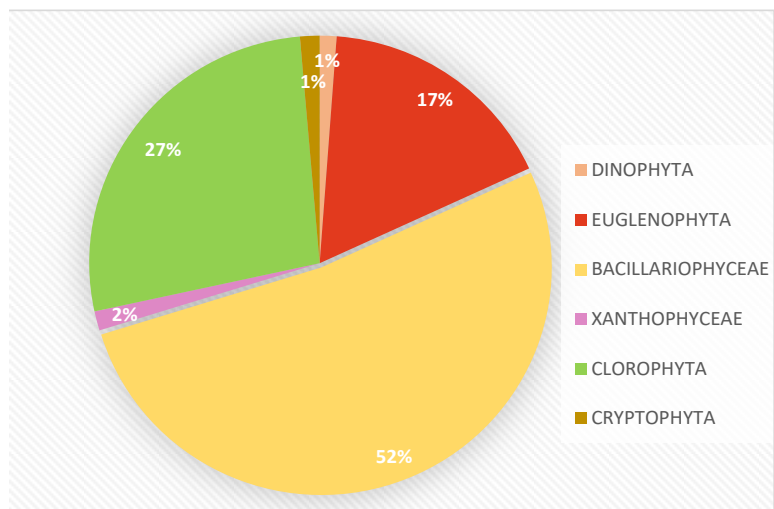


Fig. 14: Proporción de los diferentes taxones del fitoplancton registrados en la laguna Aeroclub, Bella Vista Corrientes. Año 2019.

## DISCUSIÓN

### Impacto de la actividad inmobiliaria durante el evento extremo de sequía.

En función de lo mencionado, uno de los conflictos socioambientales que surge como consecuencia del descenso del nivel del agua en estas lagunas someras, es la ocupación y/o transformación de sus cubetas impulsado por el desarrollo inmobiliario (Contreras, 2015), y que en este caso se pudo observar en la laguna Correa (Fig. 15).



Fig. 15. Fotografía del relleno de la cubeta de la laguna Correa (Bella Vista, Corrientes).

Fuente: Fotografía de Silvia Evangelina Martínez (22/11/2020).

La última imagen de la laguna Correa disponible en Google Earth corresponde al mes de agosto de 2019 (Fig. 16). En dicha figura se puede observar el frente de avance del relleno de la cubeta, la cual ya había sido modificada por la construcción de una calle que actúa como barrera entre la cubeta principal y el sector segmentado, pese a estar conectada a un sistema de cañerías.

El cálculo del relleno fue estimado en 5000 m<sup>2</sup> para agosto de 2019, sin embargo, en la actualidad ese valor ha quedado subestimado, porque dicha ocupación siguió avanzando. En la actualidad, el relleno podría estar rondando entre los 7500 – 10000 m<sup>2</sup>. Posiblemente, de continuar el evento extremo de sequía durante el año 2021, seguirán las obras de relleno de la cubeta.



Fig. 16. Imagen de Google Earth del relleno de la cubeta de la laguna Correa (Bella Vista, Corrientes).  
Fuente: Google Earth (18/08/2019).

### **Características físico-químicas de las lagunas estudiadas.**

Las características físico-químicas demostraron responder a las condiciones de eventos de inundación y sequía. En este sentido, la temperatura del agua, como era de esperarse, varió entre 18° C en el mes de Junio y 29° C en el mes de diciembre. Cabe destacar que la variación de la temperatura del agua entre el invierno y el verano fue similar en las tres lagunas estudiadas.

Las demás variables han respondido rápidamente al evento extremo de sequía registrado a mitad del año, destacándose por ejemplo la conductividad eléctrica y los sólidos totales, quienes aumentaron significativamente luego del evento mencionado (Figs. 7, 8, 9 y 10) (Tablas 1, 2 y 3). Este incremento es una consecuencia del aumento de las sales a causa de la disminución del volumen de agua de la cubeta. No obstante, las diferencias entre las lagunas se relacionan con el contexto en el cual se encuentran, como así también el sitio de muestreo.

Si bien todas las lagunas presentaron aguas transparentes, ya que se observaba el fondo de las mismas, la laguna Aeroclub poseía muchos sedimentos en suspensión, lo cual influyó directamente en los resultados. La laguna Correa, por su parte, al estar en contacto directo con la infraestructura urbana de la ciudad y al presentar impactos de índole inmobiliario como ser el relleno de la cubeta, sus valores podrían estar asociados a este conflicto socioambiental. En este sentido, es la laguna Toro quien quizás represente mejor las características del sistema de lagunas, dado su contexto más prístino que las anteriores.

En las tres lagunas hubo una buena disponibilidad de oxígeno disuelto con valores superiores a 8 mg/L. Si bien en todos los casos hay una disminución a mediados del año, no representa valores críticos para la vida de los organismos acuáticos. El oxígeno disuelto determina si en los procesos de degradación dominan los organismos aerobios o los anaerobios, lo que marca la capacidad del agua para llevar a cabo procesos de autopurificación (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008). Por otro lado, valores bajos expone a los

organismos acuáticos a envenenamiento con metales pesados y plaguicidas (Gaunt y Barker 2000; Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008).

En cuanto a los nutrientes, los valores oscilaron entre  $<0,05$  y  $2,37$  mg/L de amonio; de no detectable a  $<0,02$  mg/L de nitrito;  $<0,02$  a  $0,23$  mg/L de nitrato y de no detectable a  $<0,1$  mg/L de fosfato. Comparando la situación de las tres lagunas estudiadas, fue la laguna Correa quien presentó las mayores concentraciones, e incluso superiores a los reportados en el año 2008-2009 en Forastier (2012). El motivo de esta situación se encontraría vinculado con el fuerte impacto del desarrollo inmobiliario en los sitios de muestreos.

En síntesis, en cuanto a las características físico-químicas del agua de las tres lagunas periurbanas de la ciudad de Bella Vista (Corrientes), permiten dar cuenta de la rápida adaptación de este tipo de humedales a partir de los cambios en la disponibilidad de agua (lluvias prolongadas y sequía) registrados en el 2019 y que deben ser tenidos en cuenta en futuros escenarios naturales como consecuencias del cambio climático global.

### **Comparación del estado limnológico de las lagunas Toro y Correa entre los años 2008 (Forastier, 2012) y 2019.**

La mayoría de estas lagunas, pertenecientes al sistema del Santa Lucía, se destacaron por el predominio de Cianobacterias (Forastier, 2012). El fitoplancton en la laguna Toro estuvo caracterizado por la dominancia de las mismas, las que representaron el 71 % del total de esta comunidad, siguiendo en importancia Cryptophyceae (15 %) y Chlorophyceae (14 %). De manera similar, en la laguna Correa, dominaron las cianobacterias con el 80 % del total. Le siguieron en importancia Chlorophyceae, Bacillariophyceae y Cryptophyceae.

Dentro de Cianobacterias, el orden Nostocales fue dominante durante la mayor parte del año 2008 y estuvo representado exclusivamente por *Cylindrospermopsis raciborskii*, cianobacteria productora de cianotoxinas. Además, se registró en la laguna Toro al igual que en la Correa, otros ejemplares del orden Chroococcales tales como *Microcystis aeruginosa* y *M. wesenbergii* productoras de hepatotoxinas. En el orden Oscillatoriales, se registró para la laguna Correa, la presencia de *Planktothrix agardhii*, productora de hepatotoxinas y además *P. clathrata*, la cual no produce toxinas. En el caso del orden Nostocales, se observó la presencia de *Dolichospermum planctonicum* y *Aphanizomenon gracile*, cianobacterias productoras de hepatotoxinas y neurotoxinas. Así mismo *D. spiroides*, productora de cianotoxinas, además *D. perturbatum*, *D. sigmoideum*, *Sphaerospermopsis torques-reginae*, *S. aphanizomenoides* y *Anabaenopsis elenkinii*, las cuales no han sido registradas como productoras de toxinas.

De la misma manera, para la laguna Toro, se registró *Raphidiopsis curvate*, cianobacteria productora de hepatotoxinas y neurotoxinas, al igual que *R. mediterranea*. Asimismo se observó la presencia de *Coelosphaerium kuetzingianun* (Synechococcales), productora de cianotoxinas. En la actualidad el porcentaje de los grupos se ha modificado, siendo las Chlorophyceae el grupo predominante en las tres lagunas estudiadas, representando el 39 % de la riqueza específica.

Entre los representantes del fitoplancton de agua dulce, las clorofitas están presentes en variados hábitats y son importantes bioindicadores de la calidad ambiental. La gran mayoría de las algas verdes habitan preferentemente en ambientes mesotróficos o eutróficos y tienen varias estrategias de supervivencia debido a su alta diversidad (Esteves, 2011). Algunos de los géneros de algas identificados



en este estudio tienen preferencia por ambientes que poseen una carga considerable de nutrientes, lo que demuestra que el ambiente estudiado puede estar sufriendo cambios resultantes de la actividad antrópica, afectando así la calidad del agua (Alencar *et al.* 2019). Si bien en el 2019 han sido registradas cianobacterias pero con una abundancia muy baja, se pudo observar la presencia de estos organismos productores de hepatotoxinas (*Dolichospermum* sp., *Microcystis* sp. y *Planktothrix* sp.), como así también cianobacterias productoras de cianotoxinas (*Coelosphaerium* sp.).

En cuanto a las características del estado limnológico, la laguna Toro se destacó por no presentar macrófitos sumergidos, ni flotantes. La temperatura del agua de la misma varió entre 8 °C y 28 °C, siendo que en la laguna Correa la temperatura osciló entre 13 °C y 28 °C. La transparencia del agua en la laguna Toro presentó valores inferiores a 0,50 m. El oxígeno disuelto para esta última osciló entre 6,8 y 12 mg.L<sup>-1</sup>, contrariamente a la laguna Correa con valores de oxígeno comprendidos entre 6,6 a 7,4 mg.L<sup>-1</sup>. La conductividad varió entre 55 y 72 µS cm<sup>-1</sup>, para la laguna Toro, sin embargo en la laguna Correa se registró una conductividad eléctrica de 100 a 122 µS cm<sup>-1</sup>. El pH de la misma fue de 7 y 7,4, siendo que la laguna Toro presentó un pH con valores entre 6,6 y 8,1.

Tabla 5: Parámetros físicos-químicos de las lagunas Toro y Correa en los años 2008-2019

	Lag. Toro (2008)	Lag. Toro (2019)	Lag. Correa (2008)	Lag. Correa (2019)
<b>Temperatura (°C)</b>	8-28	18-29	13-28	17-29
<b>O<sub>2</sub> (mg/L)</b>	6,8-12	6,4-10,1	6,6-7,4	6,4-11
<b>Conductividad Eléctrica (µS)</b>	55-72	48-77	100-122	163-235
<b>pH</b>	6,6-8,1	6,58-8,55	7-7,4	6,84-8,9

Si bien luego de once años de muestreos los parámetros físico-químicos de las lagunas Toro y Correa, no variaron con respecto a los del 2008, de manera tal que siguen manteniendo las mismas respuestas limnológicas, en cuanto a las características del agua. Sin embargo, hay una gran diferencia en los valores de la conductividad eléctrica en la laguna Correa, diferencia que puede estar asociada con el relleno de suelos. (Tabla 5).

La concentración de nutrientes, en este caso de nitrógeno en forma de amonio en estas lagunas osciló entre 10-60 µg.L<sup>-1</sup> (Laguna Toro) y 1165 µg.L<sup>-1</sup> (Laguna Correa). Sin embargo la concentración de nitritos+nitratos no fueron detectables para la laguna Toro, siendo 245 µg.L<sup>-1</sup> para la laguna Correa. Los ortofosfatos variaron entre concentraciones menores 5 µg.L<sup>-1</sup> (Laguna Toro) y 76 µg.L<sup>-1</sup> (Laguna Correa). Los valores más altos de nutrientes se registraron en la laguna Correa.

Comparado a los valores obtenidos en 2019, se observa un aumento en la concentración de nutrientes, motivo que puede estar asociado al evento extremo de sequía dado en dicho año, lo que provocó una disminución en el volumen del agua de las lagunas estudiadas. Sin embargo, al igual que en el año 2008, la laguna con valores más altos en nutrientes, se registró en la laguna Correa. Los posibles factores que influyen en dichos valores podrían ser los asentamientos alrededor de la laguna, el desarrollo inmobiliario y el relleno de suelo con escombros y aserrín.

Los resultados obtenidos han demostrado que la composición de las cianobacterias en las lagunas con constante acción antrópica no se mantienen en el tiempo. Esto se debe a que las actividades vinculadas al desarrollo de infraestructura urbana han variado, generando diferentes escenarios de cambio. En este sentido, se podría decir que los resultados invalidan la hipótesis propuesta en un primer momento; pero permite generar futuras líneas de investigación.

### **Nuevo registro de *Ceratium* en ambientes lacustres periurbanos de la ciudad de Bella Vista (Ctes.)**

Los dinoflagelados del género *Ceratium*, reconocidos como invasores, en Sudamérica, son importantes en cuanto a su incidencia en la ecología de los cuerpos de agua dulce. Se trata de un género que no posee representantes que produzcan toxicidad, aunque es capaz de ocasionar intensas floraciones, las que están asociadas con cambios ambientales y como consecuencia directa o indirecta de su proliferación se han registrado casos de mortandad de peces en diversos países. Si bien su presencia se registra en cuerpos de agua de todos los niveles tróficos, se ve favorecido por las aguas ricas en nutrientes (Meichtry *et al.*, 2014).

En Argentina fue hallado por primera vez en 1963, en lagos Andino Patagónicos con muy escasos ejemplares. Luego vuelve a registrarse en la década de 1990, en Neuquén, Río Negro y Buenos Aires, ya en forma invasiva realiza una rápida expansión ampliando su área de distribución hacia embalses y ríos del centro y norte del país (Boltovskoy, 2005).

Pese a que, se registró su presencia en el NEA, los datos para Corrientes lo sitúan al noroeste de la provincia, siendo inexistente en los estudios realizados durante el año 2008 (Forastier, 2012). Ante lo expuesto, en este trabajo se registrará por primera vez la presencia de *Ceratium* en lagunas periurbanas de la localidad de Bella Vista, Corrientes (Fig. 17).

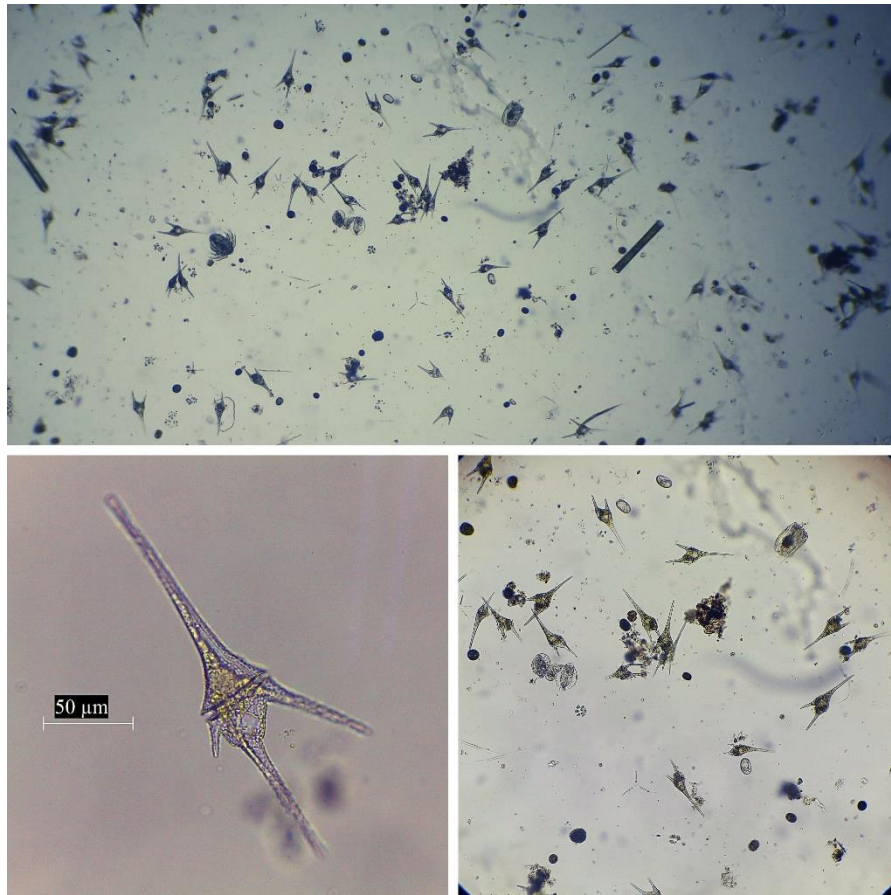


Fig. 17: Ejemplares de *Ceratium* sp. en lagunas de Bella Vista de la provincia de Corrientes. Año 2019.  
Fuente: Fotografía de Martínez, Silvia Evangelina.

Los resultados demostraron una abundancia muy baja en el área de estudio. En las lagunas con mayor contacto urbano (Toro-Correa), su presencia sólo fue registrada en el mes de marzo, luego del evento extremo de inundación (Enero). A partir de los eventos extremos de sequía registrados en el segundo semestre del año, no se ha detectado a *Ceratium* en estas lagunas. Sin embargo se observó su presencia en la tercer laguna (Aeroclub) que se encuentra en la periferia de la ciudad, a pesar de que no se lo registró en muestreos anteriores, dicho ambiente presento mayor abundancia con respecto a los demás cuerpos de agua estudiados.

La invasión de especies exóticas puede producir cambios irreversibles en la composición y estructura de los ecosistemas. Ya que pueden ser perjudiciales para la fauna íctica y la comunidad de invertebrados, debido al colapso de las floraciones, cuya posterior descomposición puede provocar el agotamiento del oxígeno disuelto e incluso ser un problema para el tratamiento del agua destinada al consumo humano (Meichtry *et al.*, 2014).

Su presencia da cuenta de la rápida invasión de *Ceratium* en la región, principalmente en este sistema de lagunas que no poseen conexión directa con el río Paraná y cuyos niveles de agua, y en consecuencia, sus características limnológicas; dependen exclusivamente de las precipitaciones locales. Esto permite contribuir con el monitoreo de su distribución y propagación en nuevos entornos, los cuales son claves en el manejo del agua como recurso.

## CONCLUSIÓN

El conocimiento acerca de las dinámicas de los humedales como respuesta a los eventos de inundación y sequía, constituyen las bases para lograr un ordenamiento territorial funcional, principalmente en regiones como el noreste argentino, donde las variaciones son tan extremas, incluso dentro de un mismo año. En este sentido, los resultados han demostrado que si bien las precipitaciones de la ciudad de Bella Vista (Corrientes) durante el año 2019 se encuentran dentro de los valores normales; el análisis mensual utilizando el SPEI-1, ha demostrado que se trató de un año de eventos extremos de inundación y sequía.

Las precipitaciones extraordinarias del mes de enero, han sido lo suficientemente abundantes para que las lagunas, sin bien redujeran los volúmenes de agua de sus cubetas, no presenten indicios de secarse por completo, pese a los eventos extremos de sequía registrados a mitad del año. No obstante, las precipitaciones del mes de noviembre, repercutieron en los valores de las distintas variables físico-químicas de las lagunas como por ejemplo el aumento del oxígeno disuelto y la disminución de la conductividad eléctrica.

Los resultados de laboratorio permitieron comprobar las buenas condiciones de la calidad del agua de las mismas, principalmente en el primer muestreo, luego del evento extremo de inundación del mes de enero. A partir de allí y con la disminución del volumen de agua por la falta de precipitación, las variables físico-químicas marcaron un aumento en diferentes concentraciones como la salinidad, sólidos totales, nutrientes y en consecuencia, el pH. Todas estas variables disminuyeron en el mes de diciembre con las precipitaciones de noviembre.

Por otro lado, la laguna Toro demostró menor variabilidad en las distintas variables medidas, la cual la relacionamos con su contexto más prístino en comparación con las otras dos lagunas. Por su parte, la laguna Correa, de mayor contacto con infraestructura urbana, las diferencias en las variables analizadas responden a un efecto antrópico de remoción de suelo y relleno de la cubeta debido al desarrollo inmobiliario. La laguna Aeroclub, si bien su contexto ambiental presenta una situación intermedia entre ambas lagunas, los altos valores de sus diferentes variables se relacionan a la gran carga de sedimentos suspendidos en el agua, como así también un mayor desarrollo de vegetación acuática.

El fitoplancton de los ambientes acuáticos estudiados en la ciudad de Bella Vista (Corrientes) en el 2019, se caracterizó por presentar 8 grupos de algas, de las cuales el grupo predominante fue Euglenophyta con 39 %, seguida de Bacillariophyceae (27 %) y Chlorophyta (18 %). Comparado con los estudios realizados en el 2008, año en el que predominaron las Cianobacterias, esto pudo haberse modificado en primer lugar, a la variación del régimen de agua, ya que se produjo un aumento en el volumen de la cubeta, ocasionando que las características físico-químicas mejoren, lo que permitió el desarrollo de especies consideradas indicadoras de buena calidad de agua. Por otro lado, se ha modificado su utilidad, ya que en el 2008 la laguna Toro tenía un fin recreativo, era utilizada como balneario municipal y además se había observado la presencia de desechos fitosanitarios cercanos a la laguna, debido a que la misma se encuentra en contexto agrícola. Sin embargo, actualmente esto ya no funciona, de manera tal que la laguna se ha recuperado, teniendo en cuenta tanto las características físico-químicas del agua y la composición del fitoplancton. Incluso hoy en día en Bella Vista se realizan buenas prácticas en el manejo de los envases de productos fitosanitarios, para el cual existe el primer CAT (Centro de Almacenamiento

Transitorio) habilitado en la provincia de Corrientes, para envases vacíos de fitosanitarios, por lo que la contaminación del agua de manera externa se podría decir que se redujo.

Del mismo modo, en cuanto a la composición del fitoplancton de la laguna Correa se puede observar una mejora en la calidad del agua, ya que las cianobacterias disminuyeron en abundancia, sin embargo, han aumentado los impactos antrópicos referidos a la laguna. En el 2008 la misma era utilizada para desechar efluentes cloacales, sin embargo, actualmente a esto se le ha sumado el aumento de infraestructura urbana alrededor de la misma, además de las prácticas de remoción de suelo y relleno de la cubeta con escombros y aserrín debido al desarrollo inmobiliario.

Durante los muestreos en las tres lagunas estudiadas se observó la presencia de *Ceratium*, una especie invasora, que si bien, su abundancia fue baja, el registro de su presencia en el año 2019 es un dato muy importante teniendo en cuenta los estudios realizados en el 2008, en el cual no fue registrado. Siendo que estas lagunas no poseen conexión directa con el río, su rápida colonización y expansión podría afectar en un futuro a la fauna íctica como la de los invertebrados, ocasionando un desequilibrio en el ambiente. Se puede considerar que la especie encontrada pertenece posiblemente a *C. hirundinella*, no obstante esto, sería un punto de partida para futuras investigaciones.

En definitiva, se pudo comparar que estas lagunas poseen rápida respuesta, no sólo morfométrica, según investigaciones pasadas, sino también en cuanto a las características físico químicas de sus aguas. Realizar un monitoreo continuo de estos ambientes periurbanos es clave para su gestión y manejo sustentable como recursos hídrico. Del mismo modo, este tipo de información es clave para el desarrollo de un inventario de humedales, que luego permita establecer herramientas de ordenamiento territorial y gestión ambiental, en pos de reducir los riesgos de pérdida de estos ambientes, como de la exposición de riesgos ambientales en sectores sociales más vulnerables.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alencar, S. A. et, al. 2019. Microalgas planctônicas (clorofíceas) como bioindicadoras da Qualidade da água em reservatório do semiárido cearense. *Cadernos de Cultura e Ciências*. 18: 41-51.
- Baruzzo, M. N.; H. Smichowski; S. E. Martinez; F. I. Contreras. 2020. Plantaciones Forestales: crecimiento y expansión de la actividad forestal en las Lomadas Arenosas en Corrientes, Argentina. *Georevista, Instituto de Geografía de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Formosa*. 17(1): 71-82. issn 1668-9070. eissn 1668-9208
- Boltovskoy, A.; R. Echenique y J. M. Guerrero. 2003. Colonización de limnotopos de Argentina por *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 38 (Supl): 148.
- Boltovskoy, A. 2005. *Ceratium hirundinella* Schrank: Un dinoflagelado invasor en lagos y embalses. Simposio en XXX Jornadas Argentinas de Botánica, Santa Fe, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 40: 9.
- Contreras, F.I. 2011. Evolución de las Lagunas de la Lomada Norte (Corrientes, Argentina) en Función de la Pendiente. *Terra Nueva Etapa*. 27: 146-163.
- Contreras, F. I. 2015. El impacto ambiental del crecimiento espacial de la ciudad de corrientes sobre lagunas periurbanas. *Boletín Geográfico*. 37: 29-42.
- Contreras, F. I. y M. A. Fantín. 2015. El riesgo de la población a inundaciones por lluvias como consecuencia de la dinámica de expansión urbana sobre paisajes anegadizos. El caso de la ciudad de Corrientes (Argentina). *Folia Histórica del Nordeste*. 23: 97-112.
- Contreras, F.I. 2016. Las lagunas y sus dinámicas geomorfológicas en la transformación de los paisajes de lomadas arenosas de la provincia de Corrientes (Argentina). Tesis Doctoral, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional Del Nordeste. 278 pp.
- Contreras, F. I y A. R. Paira. 2016. Aplicación del "índice de cambio" a las variaciones morfométricas de las lagunas de lomadas arenosas. El caso de Bella Vista (Corrientes, Argentina). *Revista de Geografía*. 21: 31-38
- Contreras, F. I y S. A. Contreras. 2017. La Incidencia de la Pendiente en la Distribución de las Morfologías de las Lagunas sobre Lomadas Arenosas (Corrientes, Argentina). *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. 40: 15-25.
- Contreras, F.I., Ferrelli, F. y Piccolo, M.C. 2020. Impactos de eventos secos y lluviosos sobre cuerpos de agua periurbanos subtropicales: Aporte al ordenamiento del espacio urbano de Corrientes (Argentina). *Finisterra*. 55 (114): 3 – 22.
- Contreras, F.I. y V. S. Duval. 2021. Dinámica morfométrica de las lagunas de los valles transversales de la provincia de La Pampa como respuesta a eventos extremos de inundación y sequía. *Boletín geográfico*, 43 (1), 13-31.
- Coops, H., M. Beklioglu y T. Crisman. 2003. The role of water-level fluctuations in shallow lake ecosystems – workshop conclusions. *Hydrobiologia*, 506, 23-27.

- Esteves, F. A. 2011. *Fundamentos de Limnología*. Rio de Janeiro: Editora Interciencia /FINEP.
- Forastier, M. E. 2012. *Diversidad y toxicidad de Cyanophyta (Cyanobacteria) del nordeste argentino*. (Tesis inédita de doctorado). Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes-Argentina.
- Frutos, S. M.; A. S. G. Poi y J. J. Neiff. 2009. Zooplankton abundance and species diversity in two lakes with different trophic states (Corrientes, Argentina). *Acta Limnol. Bras.* 21: 367-375.
- Gomez, F. D. 2019. *Factores que inciden en la diversidad y abundancia de cianobacterias asociadas a la vegetación: Análisis comparativo de dos ambientes acuáticos pertenecientes a la Cuenca del Riachuelo, Corrientes (Argentina)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes-Argentina.
- Hofmann, H., A. Lorke y F. Peeters. 2008. Temporal scales of water level fluctuations in lakes and their ecological implications. *Hydrobiologia*, 613, 85-96.
- Komárek, J. y K. Anagnostidis. 1986. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2-Chroococcales. *Archiv fur Hydrobiologie/ Supplementband 73, Algalogical Studies* 43: 157-226.
- Komárek, J. y K. Anagnostidis. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4-Nostocales. *Archiv fur Hydrobiologie/ Supplementband 82, Algalogical Studies* 56: 247-345.
- Komárek, J. y K. Anagnostidis. 1998. Cyanoprokaryota. Teil: Chroococcales. En: Hettl, G., H. Gartner, D. Heyning y Mollenhauer (eds). *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. 19/1. Gustav Fischer Jena, 548p.
- Komárek, J. y K. Anagnostidis. 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. En: Büdel, B., L. Krienitz, G. Gather y M. Scanagerel (eds). *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. 19/2. Elsevier/ Spektrum, Heidelberg, 759p.
- López Martínez, M. L. y S. M. Madroñero Palacios. 2015. Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de La Cocha. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25 (2): 21-42.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ed Omega. Barcelona 1010p.
- Martínez, S. E.; M. N. Baruzzo; H. Smichowski; M. E Forastier y F. I Contreras. 2021. El efecto de las precipitaciones en las características limnológicas en lagunas periurbanas (Bella Vista, Corrientes, Año 2019). *Revista Senderos*, Facultad de Humanidades - Universidad Nacional de Formosa. 2 (1): 122-135.
- Meichtry, N.; A. Boltovskoy; C. C. Rojas y R. M. Rodriguez. 2014. Primer registro del dinoflagelado invasor *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 en la Argentina y su distribución en el área de influencia del Embalse Yacyretá (río Paraná, Argentina-Paraguay). *Limnetica*. 33(1): 153-160.
- OECD -Organization for Economic Cooperation and Development. 1982. *Eutrophication of Waters. Monitoring, assessment and control*. Final Report. OECD, Paris. 154 p.
- Ongley, E. D. 1997. *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Estudio FAO riego y drenaje- 55. GEMS/Water collaborating Center. Burlington, Canadá. 116 p.
- Panigrahi, J., R. C. Wikner, K. Panigrahy, K. Satapathy y B. C. Acharya. 2009. Variability of nutrients and phytoplankton biomass in a shallow brackish water ecosystem Chilika Lagoon, (India). *Limnology*, 10(2), 73-85.

- Pérez-Castillo, A. G., y A. Rodríguez. 2008. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología tropical*. 56(4):1905-1918.
- Poi, A.S.; J. J. Neiff; C.A. Patiño y A. O. Ramos. 1999c. Estado trófico de dos lagunas en planicies anegables con áreas urbanas de la provincia de Corrientes. *FaCENA*. 15: 93-110.
- Poi de Neiff, A. S.; M. B. Canon Verón y S. M. Frutos. 1999a. Relaciones tróficas entre peces, macroinvertebrados y zooplancton en una laguna eutrófica (Corrientes, Argentina). *Comunicaciones científicas y tecnológicas*, 6-11.
- Poi, A. y M. E. Galassi. 2013. Sistema 4c - Humedales de los grandes esteros de la provincia de Corrientes. En: Benzaquen, L.; D. Blanco; R. Bó; P. Kandus; G. Lingua; P. Minotti; R. Quintana; S. Sverlij; L. Vidal. (Eds.). *Inventario de los humedales de Argentina: sistemas de paisajes de humedales del corredor fluvial Paraná Paraguay*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 223-232 p. Proyecto GEF 4206 PNUD ARG 10/003. Buenos Aires.
- Poi, A. S.; S. L. Casco; J. J. Neiff; R. P. Carnevalli, y L. I. Gallardo. 2016. Lagunas periurbanas de Corrientes (Argentina): De la mesotrófia a la eutrofia un camino de ida y vuelta en 20 años. *Biología Acuática*. 31: 1-9.
- Poi de Neiff, A. S. P.; J. J. Neiff; C. A. Patiño; A. O. Ramos; J. R. Cáceres; S. M. Frutos y M. C. Verón. 1999b. Estado trófico de dos lagunas en planicies anegables con áreas urbanas de la provincia de Corrientes. *FaCENA*. 15: 1-18.
- RAP-AL. 2010. *Contaminación y eutrofización del agua*. RAP-AL Uruguay.
- Rosenzweig, C., D. C. Major, K. Demong, C. Stanton, R. Horton y M. Stults. 2007. Managing climate change risks in New York City's water system: Assessment and adaptation planning. *Mitigation and Adaptation Strategies Global Change*, 12(8), 1391-1409.
- Soncco Murga, R. H., y D. J. Alvarez Rivas. 2020. *Estado del arte sobre los índices que determinan el nivel de eutrofización en lagunas altoandinas*. (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Peruana Unión.
- Torremorel, A., J. Bustigorry, R. Escaray y H. Zagarese. 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables. *Limnologia. Ecology and Management of Inland Waters*, 37(1), 100-108.
- Tucci, A., et al. 2019. *Atlas de Cianobacterias e Microalgas de Águas Continentais Brasileiras*. Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia.
- Vargas, O. y F. Mora. 2008. La Restauración Ecológica su contexto, definiciones y dimensiones. pp. 19-40. En: *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino: el caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca*. Vargas, Orlando (Ed.). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.
- Vicente-Serrano, S. M.; S. Beguería; J. Lorenzo-Lacruz; J. J. Camarero; J.I. López-Moreno; C. Azorín-Molina y A. Sánchez-Lorenzo. 2012. Análisis comparativo de diferentes índices de sequía para



aplicaciones ecológicas, agrícolas e hidrológicas. En Rodríguez-Puebla, C.; A. Ceballos-Barbancho; A. Hernández- Encinas. (Presidencia). *Cambio climático. Extremos e impactos*.

Wantzen, K. M., K. O. Rothaupt, M. Mortl, M. Cantonati, L. Toth y P. Fischer. 2008. Ecological effects of water-level fluctuations in lakes: an urgent issue. *Hydrobiología*, 613, 1-4.

### **Evaluación de los directores:**

La labor desarrollada por la alumna Silvia Evangelina Martínez durante el transcurso de la realización del TFG es muy buena, ya que se han cumplido con los objetivos previstos, pese a las dificultades encontradas vinculadas a la pandemia de COVID - 19.

Como primera actividad la alumna se ha interiorizado en el tema, cursando la cátedra de Ficología como Optativa relacionada directamente con su tema de Tesina. Por otra parte, ha resuelto de manera autónoma cuestiones vinculadas como por ejemplo, la logística necesaria para las actividades de campo que fueron realizadas. El trabajo de campo fue realizado con el apoyo de compañeros de la carrera, del CECOAL y el Director, lo que permitió fomentar el trabajo en equipo, como así compartir experiencias, tanto profesionales como académicas en grupo.

En cuanto a la divulgación y publicación de los resultados, la alumna los presentó resultados preliminares en las Comunicaciones Científicas y Tecnológicas (UNNE) 2019, en eventos organizados por la FaCENA (2019), en el Workshop de Geografía Física organizado en el CECOAL (2020) y en las Jornadas Argentinas de Botánica (2021). Por último, en el transcurso del año 2021 se han publicado parte de los resultados obtenidos en el marco del TFG: *Martínez, S. E.; M. N. Baruzzo; H. Smichowski; M. E. Forastier y F. I. Contreras. 2021. El efecto de las precipitaciones en las características limnológicas en lagunas periurbanas (Bella Vista, Corrientes, Año 2019). Revista Senderos, Facultad de Humanidades - Universidad Nacional de Formosa. 2 (1): 122-135.*

La alumna Silvia Evangelina Martínez se ha manifestado siempre activa, optimista y entusiasmada por llevar a cabo la investigación. En muchos casos ha superado de manera independiente situaciones como, por ejemplo, la compra de insumos necesarios para su investigación. Ha cumplido satisfactoriamente las expectativas y los objetivos propuestos para el desarrollo del trabajo.

### **Exposición sintética de la labor desarrollada:**

Se realizaron cuatro salidas a campo y se tomaron muestras de aguas de lagunas (una por estación del año), de las cuales se midieron los parámetros físicos-químicos in situ. Además, se recolectaron muestras para analizarlas en el laboratorio de química ambiental (LABQUIAM) FACENA-UNNE, con el objetivo de obtener las series nitrogenadas y análisis de fósforo.

Las actividades de laboratorio consistieron en la revisión bibliográfica, la cual fue realizada durante toda la duración del TFG. Se ha abarcado un gran espectro de la bibliografía referente al tema de del TFG, incluyendo la lectura de citas clásicas, la observación y análisis de muestras a través de un microscopio perteneciente al CECOAL (CONICET – UNNE) y colaboración con las salidas de campo de otras investigaciones pertenecientes al grupo de trabajo.

### **Obstáculos y dificultades en el desarrollo del plan de trabajo:**

En el transcurso de esta investigación se logró llevar a cabo un 90% del cronograma de actividades pautadas para la misma. Cabe destacar que la situación epidemiológica mundial vinculada a la pandemia

de COVID – 19, imposibilitó el análisis biológico del último muestra, dada la imposibilidad de asistir al laboratorio. No obstante, se pudieron cumplir con los objetivos planteados.



Dr. Félix Ignacio Contreras  
Director