



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

**“EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN
DEL LAGO ARTIFICIAL DEL PARQUE GAZZANO.
PARANÁ- ENTRE RÍOS”**

Esp. Ing. Agr. María Valeria Ormaechea

Trabajo Final remitido al Comité Académico de la Maestría
como parte de los requisitos para la obtención
del grado de
MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL
de la
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

2024

Comisión de Posgrado, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Ciudad Universitaria, Paraje “El
Pozo”, S3000, Santa Fe, Argentina



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

**“EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN
DEL LAGO ARTIFICIAL DEL PARQUE GAZZANO.
PARANÁ- ENTRE RÍOS”**

Esp. Ing. Agr. María Valeria Ormaechea

Directora:

Dra. Cecilia I. Sánchez

Universidad Nacional de Entre Ríos

Co-director:

Dr. Ing. Luis Kieffer

Universidad Nacional del Litoral

Jurado Evaluador:

Dr. Leonardo Novelli

EEA Paraná INTA- CONICET

Dra. María de los A. Taboada

Universidad Nacional de Entre Ríos

Dr. Pablo Collins

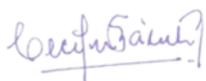
Fundación Miguel Lillo

Universidad Nacional del Litoral

2024

Certificación del Jurado del Trabajo final- Director y Co-director

Certificamos haber leído el documento del Trabajo Final “*Evaluación y gestión de la eutrofización del lago artificial del Parque Gazzano. Paraná- Entre Ríos*” preparado bajo nuestra dirección y recomendamos sea aceptado como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Magister en Gestión Ambiental.



Directora de Tesis:

Dra. Cecilia Isabel SANCHEZ



Co-Director de Tesis:

Dr. Luis KIEFER

Santa Fe, Noviembre de 2024

Declaración legal del autor

Este documento de Trabajo Final ha sido presentado y aprobado como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Magister en Gestión Ambiental ante la Universidad Nacional del Litoral. Un ejemplar del mismo ha sido remitido e indexado en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas para que esté disponible a sus lectores bajo las condiciones estipuladas por el Reglamento de la mencionada Biblioteca.

Citas breves de este documento son permitidas sin necesidad de un permiso especial, siempre y cuando la fuente sea correctamente referida. Citas extendidas o la reproducción total o parcial de este manuscrito sólo podrán realizarse previa autorización del portador legal del derecho de propiedad intelectual del mismo.

(1994-
2024)

30 años de la
Consagración Constitucional
de la Autonomía y Autarquía
Universitaria en Argentina.



ACTA DE EVALUACIÓN DE TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

En la sede de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, en la ciudad de Santa Fe, a los treinta días del mes de octubre del año dos mil veinticuatro, se reúnen en forma online sincrónica los miembros del Jurado designado para la evaluación del Trabajo Final de Maestría en Gestión Ambiental titulado “*Evaluación y gestión de la eutrofización del lago artificial del Parque Gazzano, Paraná – Entre Ríos*”, desarrollado por la Ing. María Valeria ORMAECHEA, DNI N° 31.333.356, bajo la dirección de la Dra. Cecilia Isabel Sánchez. Ellos son: el Dr. Leonardo Novelli, el Dr. Pablo Collins, y la Dra. María de los Ángeles Taboada.-----

La Presentación oral y la defensa del Trabajo Final se efectúan bajo la modalidad online sincrónica según lo establecido por Resolución CS N° 382/21.-----

Luego de escuchar la Defensa Pública y de evaluar el Trabajo Final, el Jurado considera:

Que el manuscrito ha sido escrito en formã clara y concisa, y se tuvieron en cuenta las diferentes sugerencias de mejora propuestas por los Jurados.

La defensa fue sólida y con claridad en la exposición, incluyendo una adecuada introducción teórica, objetivos, materiales y métodos, resultados y conclusiones.

La tesista respondió con solvencia las preguntas de los evaluadores, proponiendo estrategias de mejoras para una adecuada gestión del lago en el Parque Gazzano.

La tesista propuso líneas de trabajo futuras aplicadas a la ecología urbana.

Por lo tanto, el Jurado aprueba el Trabajo Final con calificación 10 sobresaliente.

Sin más, se da por finalizado el Acto Académico con la firma de los miembros del Jurado al pie de la presente. -----

Dr. Leonardo Novelli

Dr. Pablo Collins

Dra. María de los Ángeles
Taboada



Macor
DR. JOSÉ LUIS MACOR
SECRETARIO DE POSGRADO
Facultad de Ingeniería y Cs. Hídricas

Dependencia

Dirección postal

Código postal, Ciudad, Argentina

Teléfono

Correo electrónico

A MIS PADRES, MIS HÉROES

Por ser mi ejemplo y por enseñarme a perseverar. Gracias por estar siempre a mi lado.

A GONZALO, MI AMOR

Por siempre motivarme y acompañarme con paciencia y amor. Gracias por ser mi equipo y mi refugio.

Los amo profundamente.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por sobre todas las cosas, por permitirme concluir este trabajo, y darme las energías para cerrar esta etapa.

También a mis padres, mis mentores y consejeros, mi fuente de motivación y confianza. Gracias por brindarme todo su apoyo para alcanzar mis metas, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Gracias a ustedes hoy soy quien soy.

A Gonzalo, mi amor, por ser parte importante de este logro, porque con paciencia y mucho amor me has acompañado en este proceso, siempre motivándome a más, incondicionalmente, gracias por entenderme siempre y darme ese aliento que tantas veces necesité.

A mis hermanos, cuñados y sobrinos, que son el cable a tierra que permite recargar las energías para seguir cuando el cansancio llega. A Andrea y Agustina quienes me han escuchado e incentivado a seguir más de una vez.

Agradezco también a la Dra. Cecilia Sanchez y el Dr. Luis Kieffer, mi directora y codirector de Trabajo Final, que, han sido elementales para lograr este trabajo.

A mis amigos, que han sido un gran sostén en mi desarrollo personal y profesional, ya que con muchos de ellos he coincidido en alguna que otra etapa de mi formación académica. A Luciana y Agustina, con las que compartimos más de un sábado, haciendo más ameno este trayecto. A Silvana y Mariana por compartir cada muestreo y remar en el lago Gazzano. A Marcelo, por la ayuda recibida con los datos estadísticos. A Adriana y Silvia que aunque hoy no están físicamente me acompañaron incondicionalmente en esta etapa de mi vida.

A los equipos de cátedras de Química General de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER) y Facultad de Ingeniería (UNER) por todo el apoyo brindado.

A la Universidad Nacional de Entre Ríos por permitirme formarme académicamente y realizar el trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional del Litoral, institución de excelencia que me ha dado la oportunidad de formarme en disciplinas que me apasionan, brindándome una visión más amplia e integral de los problemas que tenemos como sociedad y de la responsabilidad que nos cabe de afrontarlos a quienes somos profesionales de la Universidad.

A todos GRACIAS!!!

Valeria

Índice de contenido

1.1 Marco teórico	1
1.2 Índices de eutrofización.....	4
1.3 Otro parámetros biológicos (coliformes totales).....	6
2. El Parque Gazzano.....	7
2.1 Ubicación	7
2.2 Flora y fauna.....	10
2.3 Manejo del Parque	12
3. Hipotesis.....	13
4. Objetivos	13
4.1- Objetivo general	13
4.2 Objetivos específicos.....	13
5. Materiales y Métodos	13
5.1 Descripción de la zona de estudio.....	13
5.2 Variables climáticas consideradas en el período de estudio.....	14
5.3 Sitios de muestreo y toma de muestras	14
5.4 Registro de variables <i>in situ</i>	19
5.5 Análisis físico químico de las muestras de agua	19
5.6 Analisis de coliformes totales	20
5.7 Determinaciones de pigmentos fotosintéticos del agua.....	21
5.8 Análisis de los datos y aplicación de índices	23
5.9 Propuesta de manejo y gestión del Lago Parque Gazzano	25
6. Resultados	25
6.1 Variables ambientales: Precipitaciones y temperatura del aire media mensual.....	25
6.2. Descripción del lago	27
6.2.1 Perfil del lago.....	27

6.3	Parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua	27
6.3.1	Temperatura del agua.....	27
6.3.2	Transparencia medida con Disco de Secchi (TDS)	28
6.3.3	Conductividad eléctrica (Cw)	29
6.3.4	pH.....	30
6.3.5	Oxígeno Disuelto (OD).....	30
6.3.6	Alcalinidad total (AT).....	31
6.3.7	Dureza.....	32
6.3.8	Nitratos	33
6.3.9	Fósforo.....	33
6.3.10	Clorofila y feopigmentos	35
6.3.11	Coliformes Totales.....	40
6.3.12	Análisis de Componentes Principales	40
6.4	Estado trófico del lago Parque Gazzano	43
6.4.1	Índice de Carlson (1977)	43
6.4.2	Carlson modificado por Aizaki <i>et al.</i> (1981).....	44
6.4.3	OCDE (1982)	44
7	Discusión.....	45
8	Propuesta de Lineamientos de Gestión para el Lago del Parque Gazzano	51
8.1	Normativas a tener en cuenta en los lineamientos	51
8.2	Lineamientos propuestos	52
8.2.1	Comité de Cuenca.....	53
8.2.2	Limpieza superficial del lago.....	54
8.2.3	Control de la carga externa	54
8.2.4	Manejo de la oxigenación del cuerpo de agua	58
8.2.5	Creación de un programa de Educación ambiental para el cuidado del Parque Gazzano y monitoreos participativos.....	58
8.2.6	Creación de Proyectos de Investigación relacionados a la ecología urbana.	59
8.3	Actores sociales involucrados en la los lineamientos de Gestión del Lago del Parque Gazzano.	59
	Proyectos de Investigación relacionados a la ecología urbana.	60
9	Conclusiones	60

10. Anexos	62
Anexo 1: Comparación de Índices de Eutrofización.....	62
Anexo 2 : Registro mensual de variables climáticas para la estación Experimental Agropecuaria en Paraná de INTA: precipitaciones, temperatura del aire.	64
Febrero 2019 Informe meteorológico mensual	64
Marzo 2019 Informe meteorológico mensual	65
Mayo 2019 Informe meteorológico mensual	67
Julio 2019 Informe meteorológico mensual	70
Agosto 2019 Informe meteorológico mensual	71
13. Referencias Bibliográficas.....	76

Índice de figuras

Figura 1. Parque Gazzano en la ciudad de Paraná. Con línea amarilla se señala el predio del Parque. Fuente; Google Earth. Los números indican: 1: Circuito de bicicros. 2: Lago; 3: Zona de juegos de niños y pileta; 4: Av. Pedro Zanni.	8
Figura 2. Cuencas hidrográficas de la ciudad de Paraná. Con línea roja, se remarca la cuenca Antoñico. En rojo indica la ubicación del Parque Gazzano. Fuente: Comité de cuencas La Santiagueña (Gobierno de la Provincia de Entre Ríos).	9
Figura 3. Vista de los sectores del Parque Gazzano. A) lago y b) paseo deportivo.	10
Figura 4. Hábitos de vida de garza bruja (<i>Nycticorax nycticorax</i>) y gansos (<i>Anser anser</i>) observados en el lago.	11
Figura 5. A) Vista superior del lago Parque Gazzano (20/03/19). Se señalan las transectas utilizadas para medir la profundidad del lago. Fuente: Google Earth. B) Secciones transversales obtenidas de las mediciones de profundidad a lo largo de las transectas (Los cortes en rojo y azul corresponden a las secciones señaladas en la imagen satelital del lago).	15
Figura 6. Flujo de la masa de agua en Lago del Parque Gazzano obtenida con programa tdyn 4.0 A) Las flechas indican el sentido de la circulación del agua desde el ingreso (Punto 5) hacia la salida (Punto 3) circulando por ambos lados de la isla. B) Los colores muestran la velocidad del flujo de agua desde 0 (azul) hasta 1,3 m/s (rojo). I (isla), M (muelle).	16
Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo en el lago. 1: muelle; 2: zona estanca a; 3; salida; 4. Zona estanca b; 5: entrada; 6: zona más profunda. Fuente Google Earth. (06/11/2022).	18
Figura 8. A) Tubos con solución extractante acetona 90% luego se ser centrifugados. B) Sobrenadante clarificado luego de la centrifugación. C) Espectrofotómetro BOECO utilizado para la medición. ..	22
Figura 9. Temperatura media mensual (línea roja llena) en el período de estudio e histórica (1967-2014) (línea punteada anaranjada) y precipitaciones medias mensual en el período febrero-octubre 2019 (barra gris) y precipitaciones medias históricas (1934-2014) (barra violeta). Las flechas señalan los momentos de muestreo. Fuente: EEA Paraná INTA.	26
Figura 10. Temperatura superficial del agua en los distintos momentos de muestreo.	28

Figura 11. Transparencia medida con Disco de Secchi (TDS) medida en cm en los diferentes sitios analizados.....	28
Figura 12. Valores de conductividad eléctrica (Cw) en los distintos momentos de muestreo.....	29
Figura 13. Valores de ph de cada muestreo en los distintos momentos de muestreo.	30
Figura 14. Contenido de O2 (mg/l) en los distintos momentos y sitios de muestreo.	31
Figura 15. Valores de Alcalinidad Total (ppm) hallados en los distintos momentos y para los diferentes sitios.	32
Figura 16. Valores de Dureza (ppm) hallados en los distintos momentos y para los diferentes sitios.	32
Figura 17. Contenido de nitratos (ppm) hallados en los distintos momentos y en los sitios de muestreo analizados.....	33
Figura 18. Contenido de Fósforo Total hallados en los distintos momentos y en los sitios de muestreo analizados.....	34
Figura 19. Contenido de fosfatos (ppm) hallados en los distintos momentos y en los sitios de muestreo analizados.....	35
Figura 20. Valores de Clorofila a expresados en mg/m ³ en los diferentes sitios y fechas de muestreo.....	36
Figura 21. Valores de Feopigmentos a expresados en mg/m ³ en los diferentes sitios y fechas de muestreo.....	37
Figura 22. Valores de los pigmentos fotosintéticos hallados asociados al índice de pigmentos. A) Sitio 1, B) Sitio 2, C) Sitio 3, D) Sitio 4, E) Sitio 5, F) Sitio 6.	39
Figura 23. Análisis de componentes principales (ACP) a partir de los datos de las variables físico químicas y ambientales, y los niveles de pigmentos fotosintéticos. Los círculos azules representan los muestreos analizados (en números arábigos se representan los sitios y en números romanos se señalan los muestreos: I: 5 de abril; II: 1 de julio; III: 31 de julio; IV: 27 de agosto; V: 25 de octubre). Variables: nitratos, fosfatos; clorofila a; feopigmentos, pH; conductividad; dureza; alcalinidad total; oxígeno disuelto y temperatura.	42
Figura 24. Residuos observables en la superficie del lago del Parque Gazzano.	54

Figura 25. A): Detalles del sitio de ingreso del agua al lago. B) Detalles de la alcantarilla ubicada sobre Av. P. Zanni que recoge los aportes fluviales que posteriormente desembocan en el lago. 54

Figura 26. Zona de ingreso de agua al lago. Arriba: desagûe colector de alcantarilla de Av. P. Zanni. Abajo: canal de ingreso de agua al lago. 56

Figura 27. Ubicación de las Mallas de retención de residuos y zona de humedal artificial en el lago del Parque Gazzano. Las mallas se señalan con íconos color azul. 57

Figura 28. Vegetación actual del lago. Flotando en el lago Jacintos de agua (*Eichornia crassipes*). En la orilla, lirios (*Iris pseudocorus*). 57

Índice de tablas

Tabla 1. Geolocalización de los puntos de muestreo y sus respectivas características.....	17
Tabla 2. Parámetros de agua evaluados en las muestras de agua del Lago del Parque Gazzano.....	19
Tabla 3. Fórmulas para el cálculo del estado trófico propuesta por Carlson (1977). Estado trófico de fósforo (TSI-PT); estado trófico de clorofila a (TSI-Cl _a) y estado trófico de transparencia al disco de Secchi (TSI-DS), propuestas por Carlson (1977).....	24
Tabla 4. Fórmulas para el cálculo del estado trófico de Carlson modificado por Aizaki <i>et al.</i> (1981). Estado trófico de fósforo (TSI-PT); estado trófico de clorofila a (TSI-cl _a) y estado trófico de transparencia al disco de Secchi (TSI-DS), propuestas por Carlson (1977) modificadas por Aizaki <i>et al.</i> (1981).....	24
Tabla 5. Categorías tróficas propuestas por OCDE (1982).	24
Tabla 6. Fechas y precipitación acumulada días previos a los muestreos.	27
Tabla 7. Número más probable (NMP) de coliformes por ml de agua obtenidos en los sitios entrada y salida del sistema.	40
Tabla 8. Trophic state index (TSI) (Carlson ,1977) del lago Gazzano en las distintas fechas evaluadas (Los valores presentados son adimensionales).....	43
Tabla 9. Índice de Carlson modificado por Aizaki <i>et al.</i> (1981)	44
Tabla 10. Índice anual del estado Trófico propuesto por OCDE (1982). Valores para el lago del Parque Gazzano.	44
Tabla 11. Actores sociales vinculados a los lineamientos propuestos.....	60

Abreviatura y nomenclatura utilizada

- ✓ **APHA** - Asociación Americana de Salud Pública (American Public Health Association).
- ✓ **AT** - Alcalinidad Total.
- ✓ **CFU** - Unidades formadoras de colonias (Colony Forming Units).
- ✓ **Cl_a** - Clorofila a.
- ✓ **C_w** - Conductividad eléctrica del agua.
- ✓ **DS** - Transparencia medida con Disco de Secchi.
- ✓ **INTA** - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- ✓ **mg/L** - Miligramos por litro.
- ✓ **NMP** - Número más probable.
- ✓ **NO₃⁻** - Nitratos
- ✓ **OCDE** - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- ✓ **OD** - Oxígeno Disuelto.
- ✓ **ppm** - Partes por millón.
- ✓ **PT** - Fósforo total.
- ✓ **P-PO₄³⁻** - Fósforo de fosfatos.
- ✓ **TDS** - Transparencia medida con Disco de Secchi.
- ✓ **TSI** - Indices de estado trófico
- ✓ **ηm** – Nanómetros.

Resumen

El Parque Gazzano constituye uno de los espacios verdes más concurridos del sur de la ciudad de Paraná, es por ello que a diario muchas personas llegan a él con el fin de realizar diversas actividades recreativas. Es por ello que la calidad ambiental del Parque y del lago que se encuentra en él es de gran importancia. En el presente trabajo se realizó un estudio del perfil del lago, para determinar su profundidad y se efectuaron diferentes análisis del agua en distintos momentos del año 2019, con el objeto de evaluar su calidad ambiental de manera dinámica. Para ello se determinó el estado trófico del cuerpo de agua a través de la aplicación de índices como el de Carlson (1977), Carlson modificado por Aizaki *et al*, (1981) y el índice OCDE, (1982). Los resultados mostraron un grado de eutrofización menor en épocas con temperaturas más bajas, y un agravante del proceso eutrófico cuando las temperaturas se elevan. Asimismo, respecto del uso de índices para evaluar eutrofización en el lago del Parque Gazzano, se observó que en el caso de Carlson (1977), si bien reflejó la realidad y dinámica del lago, éste podría tener interferencias ya que no considera la disminución de la transparencia al Disco de Secchi (TDS) producida por partículas no algales en suspensión, las cuales se observaron en el lago. Por esta razón se consideró que el índice más adecuado para realizar este análisis en el lago objeto de estudio es el de Carlson modificado por Aizaki *et al*, (1981), que además de considerar estas partículas en suspensión permite evaluar temporalmente el estado del lago, lo cual lo es factible con OCDE (1982). Por otra parte, si bien en el país existen “Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas” (Resolución Ministerial 125/2016), estas prevén monitoreos y fijan límites basándose en la cuantificación de especies indicadoras de contaminación pero sin considerar el estado trófico del lago. En este sentido, al evaluar la calidad de agua para uso recreacional con una normativa de la provincia de Misiones (Normativa de balneabilidad) se pudo concluir en algunos sitios la cantidad de coliformes totales en el lago alcanzó un valor de Número más probable (NMP)

que reflejó mas de 1000UFC /100mL, lo que según esta normativa la clasifica como no apta para uso recreacional. En función a ello se trazaron lineamientos de gestión del cuerpo de agua orientados a generar un impacto positivo en su salud ambiental. Dichos lineamientos involucran diferentes actores de la sociedad y contemplan actividades como la formación del Comité de cuenca Antoñico, el cual se encuentra ya reglamentado, pero actualmente no conformado, tareas de control de carga externa e interna, oxigenación, así como también diferentes programas de educación ambiental.

Summary

Gazzano Park is one of the busiest green spaces in the southern part of Paraná city, attracting many people daily for various recreational activities. Consequently, the environmental quality of the park and its lake is of great importance. In this study, a lake profiling assessment was conducted to determine its depth, and various water analyses were performed at different times in 2019 to dynamically evaluate its environmental quality. The trophic state of the water body was determined by applying indices such as Carlson (1977), the Carlson index modified by Aizaki *et al.* (1981), and the OCDE (1982).

The results indicated a lower degree of eutrophication during cooler periods, with an aggravation of the eutrophic process as temperatures rose. Additionally, regarding the use of indices to evaluate eutrophication in Gazzano Park Lake, it was observed that while the Carlson index (1977) reflected the lake's reality and dynamics, it could be influenced by factors not accounted for in the model, such as decreased Secchi Disk transparency (TDS) caused by non-algal suspended particles observed in the lake. For this reason, the most appropriate index for this lake analysis was considered to be the Carlson index modified by Aizaki *et al.* (1981), which accounts for these suspended particles and allows for the temporal assessment of the lake's state, as is also feasible with the OCDE (1982).

On the other hand, although Argentina has "Sanitary Guidelines for the Safe Use of Recreational Waters" (Ministerial Resolution 125/2016), these only provide monitoring guidelines and establish limits based on indicator species for contamination, without considering the lake's trophic state. In this context, when evaluating recreational water quality based on provincial regulations from Misiones (bathing suitability regulations), it was observed that in some areas of the lake, total coliform levels reached a Most Probable Number (MPN) of over 1,000 CFU/100 mL, classifying these areas as unsuitable for recreational use according to this regulation. Based on this, management guidelines were developed to positively impact the lake's environmental health. These guidelines involve various community stakeholders and include actions such as establishing the Antoñico Basin Committee, which is already regulated but not yet formed, controlling external and internal loading, oxygenation processes, and implementing various environmental education programs.

1. Introducción general

1.1 Marco teórico

Los lagos ubicados en áreas urbanas constituyen un importante elemento paisajístico en las ciudades incrementando la calidad de vida de los habitantes. Prestan diferentes servicios ecosistémicos regulando el clima urbano, sirviendo de sumideros de aguas lluvias, y constituyendo una fuente de agua y hábitat para gran variedad de especies de flora y fauna (Kung *et al.*, 1991).

Para caracterizar los lagos urbanos, se tiene en cuenta entre otros criterios, el volumen del cuerpo de agua, su perímetro y profundidad. Respecto a ésta última, Moss *et al.* (1994) diferencian lagos profundos de someros considerando el límite de profundidad media de 3 metros. Las características de ambos difieren en cuanto a los perfiles de las variables físicoquímicas, sobre todo en épocas estivales (Becares *et al.*, 2004). En los lagos profundos, predomina un perfil de estratificación térmica que separa la parte superior de mayor temperatura (epilimnion) de la inferior (hipolimnion). Por el contrario, en lagos someros, de acuerdo a los autores, la masa de agua tiende a estar completamente mezclada en el perfil de profundidad como consecuencia de las corrientes afluentes y el viento. Este hecho, favorece el contacto entre el sedimento y la columna de agua lo que a su vez provoca un rápido reciclaje de nutrientes y una mayor productividad primaria (Jeppesen *et al.*, 1997).

Desde el punto de vista funcional, en los lagos someros predomina la vegetación sumergida y por lo tanto el fondo esta cubierto (Moss, 1995; Jeppesen *et al.*, 1997). Algunas de las especies vegetales predominantes en cuerpos de agua someros de la región pampeana son *Ceratophyllum demersum* y *Myriophyllum*, entre otras (Mac Donagh *et al.*, 2016) En el litoral de este tipo de lagos se desarrolla vegetación helofítica (plantas emergentes) y alcanza una

mayor proporción de biomasa que en los lagos profundos (Diehl y Kornijów, 1998) lo provoca mayor productividad primaria (Brönmark y Vermaat, 1998).

En el sistema acuático de lagos someros, la **eutrofización** es, en consecuencia, el problema ambiental más frecuente (Becares *et al.*, 2004; Ledesma *et al.*, 2013). El término eutrofización, se refiere al enriquecimiento del cuerpo de agua con nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno, el cual desencadena el incremento de algas y plantas verdes. Estos organismos, al acumularse, limitan el paso de la luz a estratos inferiores, por lo cual parte de las mismas mueren. Luego, por acción de las bacterias se produce la descomposición aeróbica de la biomasa, lo que, en algún momento, limita la disponibilidad de oxígeno en el medio. La ausencia de oxígeno, condiciona el crecimiento de otros organismos acuáticos. Este proceso, en general, desencadena cambios físico químicos y organolépticos en el cuerpo de agua, lo que conlleva al deterioro de la calidad del agua y del ecosistema en general. (Parra, 1989; Carpenter *et al.*, 1999; Wetzel, 2001; Andersen *et al.*, 2006; Moreno Franco *et al.*, 2010; Doña *et al.*, 2011; Bonansea *et al.*, 2012; Ledesma *et al.*, 2013; Siuda *et al.*, 2020).

El proceso de eutrofización es complejo y tiene diferentes orígenes. La eutrofización puede ser natural por el envejecimiento del cuerpo de agua o antrópica, es decir, debido a los aportes de nutrientes producto de la actividad humana (Mazzeo *et al.*, 2002; Giannuzzi, 2009). Cuando se produce de forma natural, la eutrofización es un proceso gradual y lento, que se diferencia de la eutrofización artificial, cultural o antrópogénica que ocurre de forma acelerada por el aporte de nutrientes a partir de desechos domésticos, industriales y agropecuarios, entre otros (Bem *et al.* 2013; García Miranda y Miranda Rosales, 2018). Por lo expuesto anteriormente, los lagos urbanos son propensos a sufrir eutrofización antrópica, influenciados por los nutrientes que llegan por medio de desagües pluviales o escorrentía provocada por la lluvia

(Haustein 2010, Bhagowati *et al.*, 2020), por el excremento de las aves (y otros organismos de la fauna local) y por las diversas actividades humanas en el perillago (Polla *et al.*, 2016).

En Argentina, la eutrofización, es uno de los principales problemas que impactan sobre la calidad del agua de los embalses y lagos (Higa *et al.*, 2019) y es una situación recurrente (Ledesma *et al.*, 2013). En la provincia de Santa Fe, se ha estudiado la problemática de la eutrofización de los lagos urbanos. El lago del Parque Sur “General Belgrano” se comporta como un dispositivo de “retención” con el consiguiente almacenamiento de las aguas sin salida o con una salida regulada (Kieffer *et al.*, 2004), condiciones que favorecen la eutrofización. Por su parte, Quiroz (2007) explica que el lago urbano del Parque "Juan de Garay" (Santa Fe) presenta una alta productividad primaria que se ve favorecida por la poca profundidad del cuerpo de agua y el alto desarrollo de microalgas que comprometen a la transparencia del mismo.

En el departamento Paraná, provincia de Entre Ríos, se han estudiado algunos lagos someros, como el ubicado en la Escuela Normal Rural Alberdi en la localidad de Oro Verde. En referencia a ello, Cacciabue *et al.* (2022) lo describe como un lago con características físico químicas similares a otros de la zona (alcalino). La influencia antrópica esta vinculada a la actividad agrícola de los campos lindantes al lago, que enriquece el cuerpo de agua y favorece el desarrollo del fitoplancton y una gran variedad de especies del zooplanton. El lago ubicado en el Parque Gazzano, objeto de estudio de este trabajo, es de reducido tamaño (1,2 hectáreas) y de una profundidad máxima de 1,5 metros, características comunes a los lagos urbanos (Mancini *et al.*, 2012). Este lago comparte las problemáticas ambientales señaladas para otros similares. Producto del drenaje existe un aporte de nutrientes que favorece el desarrollo de las floraciones algales y de plantas acuáticas. El crecimiento no controlado de las mismas produce un impacto negativo en el cuerpo de agua ya que deteriora severamente su calidad y afecta a

otras especies de la comunidad asociada al lago (Quiroz, 2007; Flores, 2008; Verma *et al.*, 2011).

En respuesta a esta problemática el municipio de Paraná ha destinado fondos para la limpieza general del parque aunque no específicamente para revertir el proceso de eutrofización observado. Desde el año 2019 los vecinos del lugar forman una asociación sin fines de lucro que alerta sobre la degradación ambiental del cuerpo de agua (Apfdigital, 2019).

Sin embargo, no se cuenta con registros que den cuenta del proceso de eutrofización en el lago del parque Gazzano. Esta información es clave para generar planes de acción que permitan abordar la problemática de deterioro señalada y contribuir a la gestión del mismo. En este sentido, Quirós (2000) indica que Argentina carece de directrices que permitan realizar un correcto plan de gestión de lagos urbanos.

1.2 Índices de eutrofización

El estado trófico de un ecosistema acuático es la relación entre la cantidad de nutrientes del cuerpo de agua y su efecto sobre la productividad primaria del sistema. Con el fin de categorizar a los cuerpos de agua acorde a su estado trófico se han desarrollado diversos índices. En el presente trabajo, se aplican tres de ellos: Índice de Carlson (1977), Carlson modificado por Aisaki *et al.* (1981) y OCDE (1982). Los tres índices empleados se calculan a partir del fósforo total, transparencia del Disco de Secchi y clorofila *a.*

Si bien, el nitrógeno y el fósforo contribuyen a la eutrofización, el fósforo es el nutriente limitante en sistemas de agua dulce (Environmental Protection Agency, 2011). En relación a la clorofila *a*, es un pigmento que está asociado a organismos capaces de llevar adelante el proceso de fotosíntesis (plantas y microalgas) por lo tanto es un indicador de la biomasa del fitoplancton (Varela, 1981). El autor agrega, además, que los productos de la degradación de

la clorofila *a* reciben el nombre genérico de feopigmentos. Estos presentan un espectro de absorción de la luz ligeramente diferente al de la clorofila activa.

Los índices de Carlson (1977) y Carlson modificado por Aizaki *et al.* (1981) aplican fórmulas matemáticas con el objeto de relacionar los parámetros físico químicos del agua (fósforo total y profundidad del disco de Secchi) y biológicos (clorofila *a*). En tanto el índice OCDE (1982) compara los valores de las variables (fósforo total, profundidad del disco de Secchi y clorofila *a*) con valores tabulados.

El Índice de Carlson (1977) es un método sencillo y objetivo para cuerpos de agua cerrados, y uno de los primeros desarrollados. Se basa en logaritmos de los valores de clorofila *a* (Cl_a), el fósforo total (PT) y la profundidad del disco Secchi (DS). Utiliza una escala adimensional del 0 al 100 que determina uno de cinco posibles estados tróficos. Al tratarse de una base logarítmica el pasaje de un estado trófico a otro representa una duplicación de la biomasa algal, el PT o los valores de DS. La aplicación de este índice presenta limitaciones vinculadas a que el mismo no considera los efectos de otras partículas en suspensión que no estén relacionadas al aporte de las microalgas, pero que a la vez provocan una disminución de la transparencia del lago al interceptar la luz subsuperficial (Lorenzen, 1980; Megard *et al.*, 1980; Muhlhauser, 1991).

El índice de Carlson modificado por Aisaki *et al.* (1981), considera que la transparencia está parcialmente influenciada por factores que son independientes de la biomasa de algas, por lo que introduce una modificación al Índice original, que incluyó el uso de coeficientes específicos para los elementos que integran la ecuación de estado trófico (Orquera y Cabrera, 2020). Los autores consideran una clasificación con cuatro estados de eutrofización.

Por su parte el índice de la OCDE (1982) es uno de los más ampliamente utilizados. Fue elaborado con la participación de científicos de 18 países, los cuales determinaron los distintos estados tróficos considerando directamente los valores máximos y medios anuales de PT, Cla y transparencia. Esta clasificación trófica fue aceptada por la comunidad internacional como estándares de calidad de cuerpos de agua y ampliamente utilizado (Quiroga, 2001).

El anexo 1 muestra una comparación de las principales características de los índices que se emplean en este trabajo. La selección de los mismos está fundamentada en comparar la información brindada por los índices que utilizan fórmulas matemáticas con uno que contrasta los valores obtenidos de los parámetros con valores tabulados.

Además de los mencionados índices de eutrofización se aplicó un cuarto, denominado Índice de Ramírez (2005) que determina el estado fisiológico de la comunidad algal y por ende el estado trófico del cuerpo de agua. Este índice relaciona los valores de Cla y de feopigmentos.

Por lo expuesto, conocer el estado trófico de un cuerpo de agua es fundamental para diseñar planes de gestión relacionados a la eutrofización.

1.3 Otro parámetros biológicos (coliformes totales)

Para evaluar calidad de agua para uso recreativo se emplea el recuento de coliformes totales y fecales. La importancia de la determinación de éstos grupos microbianos radica en que pueden ser indicadores de contaminación fecal y la posible presencia de patógenos. Los coliformes fecales provienen del tracto intestinal de animales superiores. Especies de los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*, forman parte de este grupo de bacterias. Su presencia debe tenerse en cuenta en el uso de aguas recreativas ya que se han registrado casos donde las mismas protagonizaron un papel importante en la transmisión de enfermedades (Acuña del Pino *et al.* 1998). Esta problemática fue abordada en

la provincia de Santa Fe por Emiliani y Gonzalez de Paira (1998) y Acuña del Pino *et al.* (1998) en cuerpos de agua someros de Santa Fe.

2. El Parque Gazzano

2.1 Ubicación

El parque José Gazzano se encuentra en la zona sureste de la ciudad de Paraná, Entre Ríos (31°46'02'' "S" 60°30'04''W") (Figura 1), sobre Avenida Pedro Zanni y pertenece a la cuenca Antoñico (Figura 2).

El Parque José Gazzano es el único espacio recreacional de la zona sur de la urbe. Por ello, el área tiene un gran interés social ya que es un sitio de recreación donde a diario las personas realizan actividades deportivas y de esparcimiento.

José Gazzano, vecino de la ciudad, adquirió una quinta que luego se convertiría en el actual parque. Ésta fue donada a la ciudad, a fines del siglo XIX y fue inaugurado como espacio de esparcimiento el 3 de febrero de 1983 (Municipalidad de Paraná, 2024) El mismo cuenta con un lago artificial construido en el año 1920.

En la actualidad tiene una superficie total de 8 hectareas. En sus instalaciones se encuentra además, una pequeña plaza de juegos para niños, paseos deportivos y una pileta de natación que se utiliza por la colonia de vacaciones en la época estival (Figura 3).

Pese a que se evidencia cierto grado de degradación por el color del agua y olores desagradables, no registra antecedentes de estudios conocidos vinculados a la calidad ambiental del recurso agua, ni planes de acción dirigidos a la recuperación y preservación del mismo.



FIGURA 1. PARQUE GAZZANO EN LA CIUDAD DE PARANÁ. CON LÍNEA AMARILLA SE SEÑALA EL PREDIO DEL PARQUE. FUENTE; GOOGLE EARTH. LOS NÚMEROS INDICAN: 1: CIRCUITO DE BICICROS. 2: LAGO; 3: ZONA DE JUEGOS DE NIÑOS Y PILETA; 4: AV. PEDRO ZANNI.

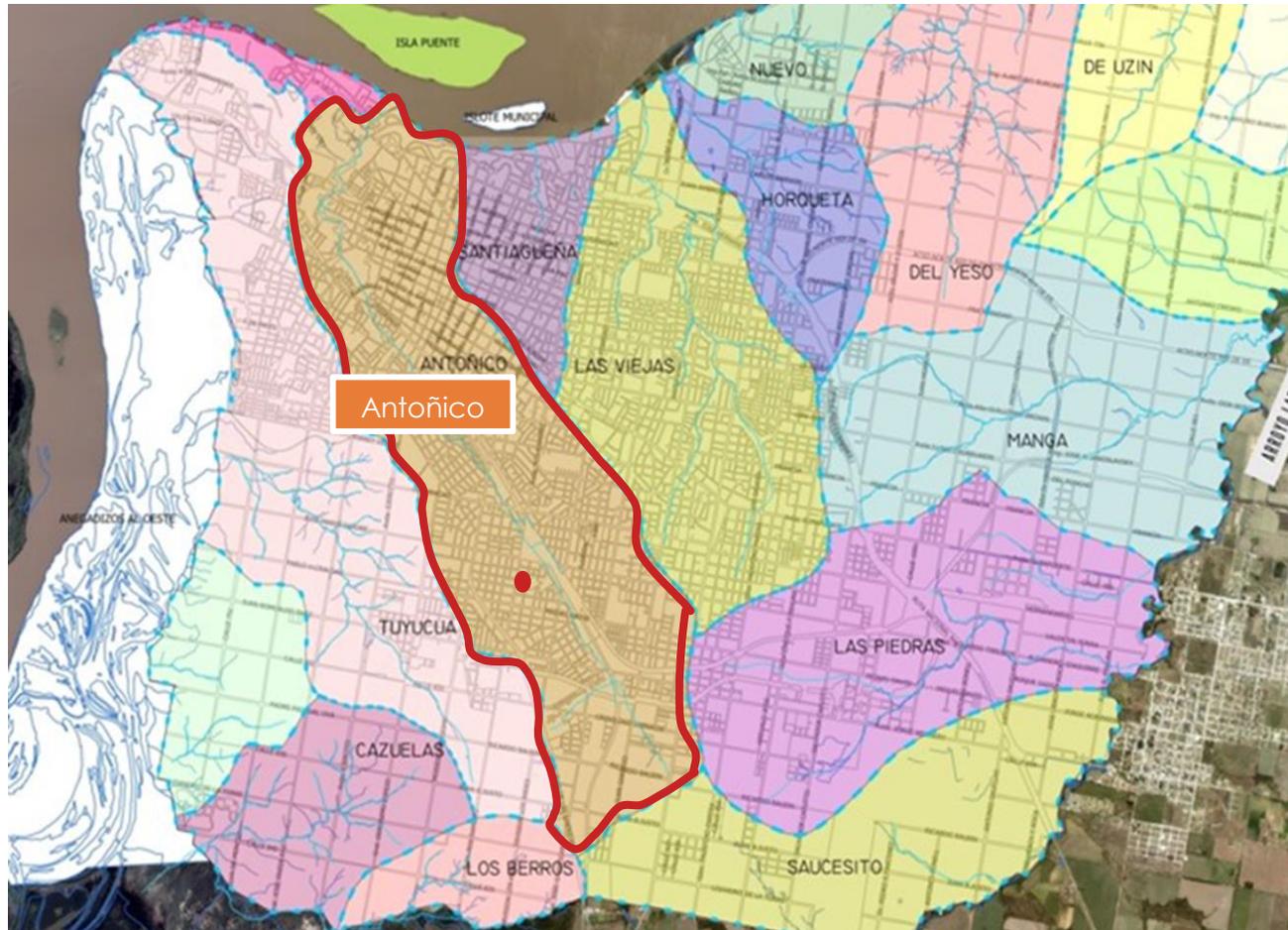


FIGURA 2. CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LA CIUDAD DE PARANÁ. CON LÍNEA ROJA, SE REMARCA LA CUENCA ANTOÑICO. EN ROJO INDICA LA UBICACIÓN DEL PARQUE GAZZANO. FUENTE: COMITÉ DE CUENCAS LA SANTIAGUENA (GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS).



FIGURA 3. VISTA DE LOS SECTORES DEL PARQUE GAZZANO. A) LAGO Y B) PASEO DEPORTIVO.

2.2 Flora y fauna

En relación a la fauna, diversas especies vertebradas habitan este ambiente. Aunque no existen estudios exhaustivos sobre la fauna del Parque, Sovrano (2016) describe las especies de aves que habitan el Parque Gazzano. En su trabajo, identifica 46 especies que habitan el mismo. Entre las reconocidas menciona el ganso (*Anser anser*), el pato (*Cairina moschata*

domestica), la cotorra (*Myiopsitta monachus*), la paloma (*Columba livia*), la garza bruja (*Nycticorax nycticorax*), el bigüa (*Phalacrocorax brasilianus*), la garza blanca (*Ardea alba*). Para la autora, el Parque Gazzano es un refugio nocturno en los árboles de la pequeña isla del lago, y un lugar de permanencia durante el día (Figura 4). Habitan además tortugas de la especie *Phrynops hilarii*.



FIGURA 4. HÁBITOS DE VIDA DE GARZA BRUJA (*NYCTICORAX NYCTICORAX*) Y GANSOS (*ANSER ANSER*) OBSERVADOS EN EL LAGO.

En relación a la flora, la vegetación está constituida por plantas de diversos portes características de la Provincia del Espinal (Cabrera, 1976) como el ceibo (*Erythrina crista-galli*), el sauce criollo (*Salix humboldtiana*), el curupí (*Sapiumhaematos permum*), el ombú (*Phytolacca dioica*), el oreja de negro (*Enterolobium contortisiliquum*), el espinillo (*Acacia caven*), la tipa (*Tipuana tipu*), el jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*) y la araucaria nativa (*Araucaria angustifolia*). Entre las especies exóticas se destaca la araucaria australiana (*Araucaria bidwillii*), la casuarina (*Casuarina cunningghamiana*), el ciprés (*Cupressus sp.*), el pino (*Pinus sp.*), el ginkgo (*Ginkgo biloba*), la mora (*Morus nigra*), el álamos (*Populus sp.*), el ligustro (*Ligustrum sp.*), el eucalipto (*Eucalyptus sp.*), y el roble americano (*Quercus robur*) (Sovrano, 2016).

En el sector de ingreso de agua, el sector se caracteriza por algunas plantas acuáticas o palustres típicas como gramíneas, el papiro (*Cyperus papyrus*) y el lirio (*Lirium sp.*). Además en la zona de ingreso de agua al lago predomina el camalote (*Eichhornia crassipes*).

2.3 Manejo del Parque

La gestión del parque José Gazzano depende de la Municipalidad de la ciudad de Paraná ya que este espacio recreacional es declarado como Paisaje Protegido por el Sistema Municipal (Ordenanza N° 7961, 1997). Este complejo cuenta con un director quien lleva adelante tareas de gestión y coordinación de actividades.

Entre las acciones recreacionales y sociales organizadas en el parque por la Municipalidad de Paraná se destacan: las actividades destinadas a personas mayores organizada en su mayoría por la Subsecretaría de Deportes de la Municipalidad de Paraná, las ferias comerciales en espacios específicos del Parque organizadas por la Secretaria de Coordinación Estratégica de la Municipalidad de Parana.

Desde el punto de vista del interés ambiental por parte de la ciudadanía, un grupo de vecinos autoconvocados denominados “Amigos del parque Gazzano” realizan gestiones para hacer del mismo un área más limpia (Análisis Digital, 2019).

Entre los evidentes problemas del lago la eutrofización del cuerpo de agua del Parque es la problemática destacada por los vecinos de la zona, quienes se refieren a la misma señalando problemas de “olor desagradable” y “color verdoso del agua”. Estos inconvenientes disminuyen el valor estético y recreativo del Parque, siendo parte del reclamo vecinal.

3. Hipotesis

El lago ubicado en el Parque José Gazzano de la ciudad de Paraná presenta estados tróficos asociados a la actividad de la flora autotrófica en relación a la época del año. El incremento de la temperatura estacional modifica las características físico químicas del cuerpo de agua, incrementándose la disponibilidad de nutrientes y la proliferación de la flora autotrófica. En consecuencia, los niveles de eutrofización se elevan y disminuye la utilidad recreacional del lago.

4. Objetivos

A partir de la Hipótesis de trabajo se proponen como objetivos general y específicos:

4.1- Objetivo general

- Evaluar la calidad de agua del lago del Parque José Gazzano para determinar su estado trófico y proponer lineamientos tendientes a la gestión del mismo.

4.2 Objetivos específicos

- Establecer el grado de eutrofización del lago Parque Gazzano en diferentes momentos del año y la potencialidad del mismo para usos recreativos.
- Proponer lineamientos para la gestión del lago atendiendo al uso recreativo del mismo.

5. Materiales y Métodos

5.1 Descripción de la zona de estudio

El trabajo fue realizado en el lago Parque Gazzano de la ciudad de Paraná, ubicado a una altura de 98 metros sobre el nivel del mar. Presenta una superficie total de 8 hectáreas, de las cuales 1,2 corresponden al cuerpo de agua. El lago cuenta con una entrada de agua proveniente del desagüe pluvial de Av. Zanni correspondiente al sector este del lago (Figura

2). En el sector oeste, hay un terraplén de 150 metros de largo, que posee dos niveladores que desaguan en el sector lindante.

5.2 Variables climáticas consideradas en el período de estudio

Se consideraron los valores de temperatura media del aire y precipitaciones mensuales acumuladas a partir de los registros de datos obtenidos de la Estación Experimental Agropecuaria Paraná de INTA (<https://inta.gob.ar/paginas/agrometeorologia-parana>).

5.3 Sitios de muestreo y toma de muestras

Para establecer los puntos de muestreos se realizó la batimetría del lago midiendo la profundidad del mismo cada 50 centímetros a lo largo de dos transectas paralelas. Esto, permitió definir el perfil de profundidad del lago (Figura 5).

Se utilizó el programa TDyn 4.0 para simular el movimiento del agua en el lago, a partir de la estimación de un caudal y velocidad para un evento de precipitación con ingresos pluviales en el punto 5 y egreso por el punto 3 (Figura 6).

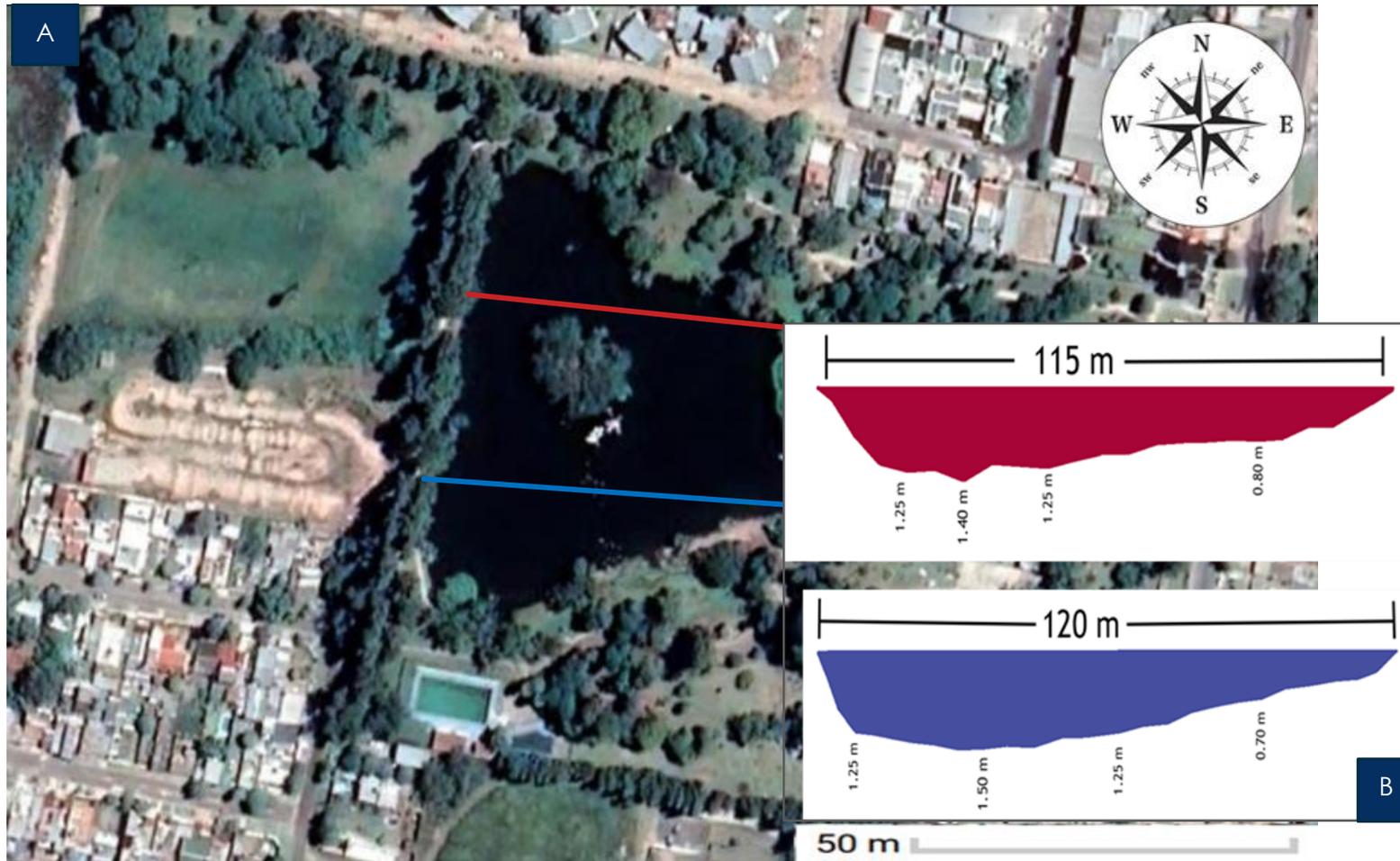


FIGURA 5. A) VISTA SUPERIOR DEL LAGO PARQUE GAZZANO (20/03/19). SE SEÑALAN LAS TRANSECTAS UTILIZADAS PARA MEDIR LA PROFUNDIDAD DEL LAGO. FUENTE: GOOGLE EARTH. B) SECCIONES TRANSVERSALES OBTENIDAS DE LAS MEDICIONES DE PROFUNDIDAD A LO LARGO DE LAS TRANSECTAS (LOS CORTES EN ROJO Y AZUL CORRESPONDEN A LAS SECCIONES SEÑALADAS EN LA IMAGEN SATELITAL DEL LAGO).

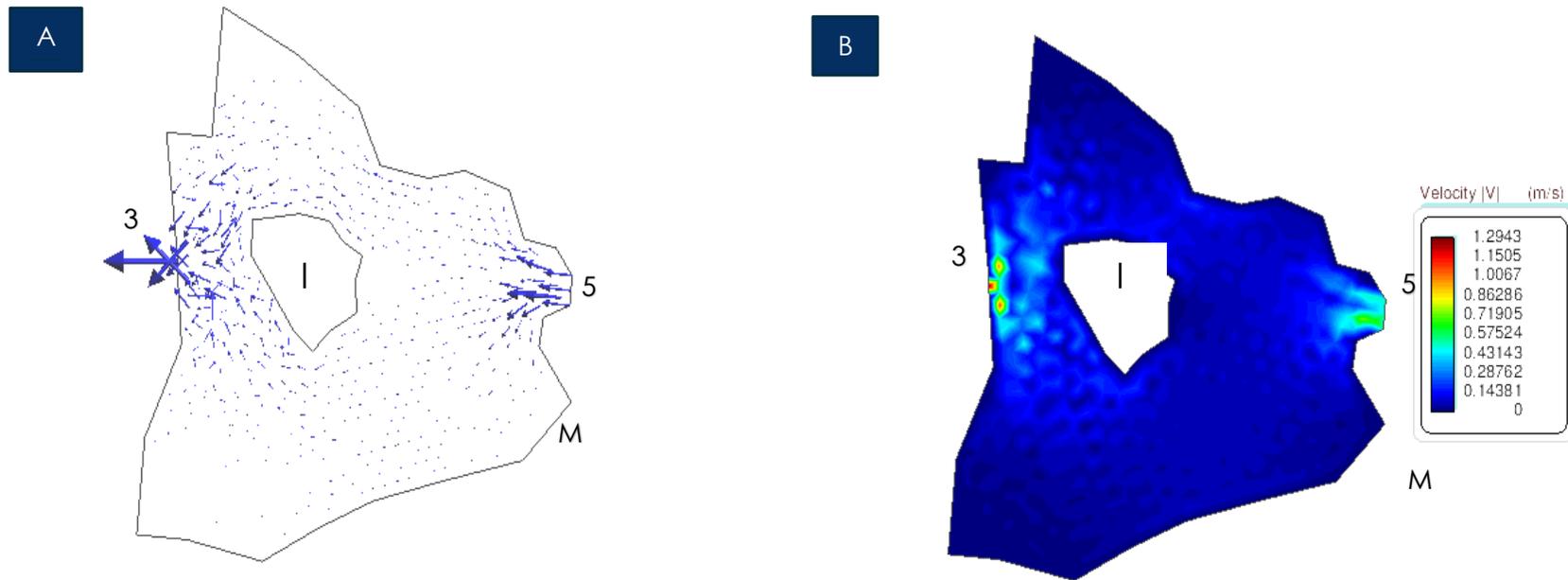


FIGURA 6. FLUJO DE LA MASA DE AGUA EN LAGO DEL PARQUE GAZZANO OBTENIDA CON PROGRAMA TDYN 4.0 A) LAS FLECHAS INDICAN EL SENTIDO DE LA CIRCULACIÓN DEL AGUA DESDE EL INGRESO (PUNTO 5) HACIA LA SALIDA (PUNTO 3) CIRCULANDO POR AMBOS LADOS DE LA ISLA. B) LOS COLORES MUESTRAN LA VELOCIDAD DEL FLUJO DE AGUA DESDE 0 (AZUL) HASTA 1,3 M/S (ROJO). I (ISLA), M (MUELLE).

El nivel del agua del lago Gazzano se mantiene por la salida a través de los niveladores ubicados sobre el sector salida (punto 3, Figura 6).

Los puntos de muestreo fueron seleccionados a partir de la profundidad del lago y el movimiento del agua. Se seleccionaron seis sitios de muestreo (Figura 7). En la Tabla 1 se presentan las características y posicionamiento geográfico de cada sitio.

TABLA 1. GEOLOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO Y SUS RESPECTIVAS CARACTERÍSTICAS.

Sitio	Características relevantes	Posición geográfica
1	En este sector se encuentra un muelle. Existe gran presencia de aves (gansos) debido a que los visitantes los alimentan desde allí. Desde ese lugar se ingresa a navegar en los botes turísticos del lago.	31° 46'02``S ; 60 30'03``W
2	Sitio de baja profundidad	31° 46'03``S ; 60 30'06``W
3	Sitio de salida del agua. Ubicado cerca de los niveladores, en un sitio sombreado.	31° 46'00``S ; 60 30'03``W
4	Ubicado al norte de la isla, lugar sombreado, mucha presencia de aves.	31° 46'01``S ; 60 30'06``W
5	Ingreso de agua al lago, provenientes de Av. Zanni. Muchas especies vegetales flotantes.	31° 46'01``S ; 60 30'04``W
6	Ubicado al sur de la isla, es el lugar más profundo del lago.	31° 46'02``S ; 60 30'06``W



FIGURA 7. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL LAGO. 1: MUELLE; 2: ZONA ESTANCA A; 3; SALIDA; 4. ZONA ESTANCA B; 5: ENTRADA; 6: ZONA MÁS PROFUNDA. FUENTE GOOGLE EARTH. (06/11/2022).

Se realizaron 5 muestreos durante el año 2019 en fechas correspondientes a diferentes estaciones climáticas del año: 5 de abril; 1 julio; 31 de julio; 27 de agosto y 25 de octubre.

Los muestreos fueron realizados entre las 11:00 y las 14 horas.

Para la toma de muestras de agua se emplearon botellas de un litro opacas, a fin de detener el proceso fotosintético de las algas y otros procesos biológicos. Éstas se sumergieron a una profundidad de 20- 30 centímetros, siguiendo movimientos en semicírculo para la colecta de la muestra. Los muestreos se realizaron por triplicado.

Las muestras fueron acondicionadas para su transporte en forma refrigerada y en oscuridad al Campus universitario de la Universidad Nacional de Entre Ríos, sede Oro Verde. Las muestras fueron procesadas en un lapso de 24 horas.

5.4 Registro de variables *in situ*

En cada sitio de muestreo se tomaron los valores de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura del agua con sonda multiparamétrica Lutron (DW-6093).

Se midió además la transparencia del agua empleando disco de Secchi (APHA, 1992). Esta técnica consiste en evaluar la transparencia del agua utilizando un disco circular de 20 cm de diámetro, pintado en blanco y negro en forma de cuartos alternos para mejorar la visibilidad. El disco está montado en un hierro graduado, lo que permite medir la profundidad a la que el disco deja de ser visible.

5.5 Análisis físico químico de las muestras de agua

Los análisis físico químico de las muestras de agua se realizaron en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER). Los parámetros evaluados se describen en la Tabla 2.

TABLA 2. PARÁMETROS DE AGUA EVALUADOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA DEL LAGO DEL PARQUE GAZZANO.

Determinación	Técnica	Breve descripción de la técnica
Fósforo de fosfatos* (P-PO₄³⁻)	4500-P-C APHA (1992)	Sobre una muestra filtrada se tomó una alícuota de 17,5 mL que se trasvasó a un matraz de 50 mL. Se agregó 5 mL de solución color de molibdato de amonio y se enrazó con agua destilada. Se procedió a leer la absorbancia de las muestras con espectrofotómetro a 460 nm de longitud de onda. Para establecer el nivel de la variable se trabajó con una curva de calibración a partir de la cual se obtuvo la concentración en ppm de P-PO ₄ ³⁻ en la muestra.

Fósforo Total (PT)*	4500 P-APHA (1992)	Se tomó 10 mL de la muestra de agua, y se digestó con 0,2 mL de ácido sulfúrico y 1 mL de ácido nítrico (150°C por 1 h). Luego, se alcalinizó mediante el agregado de hidróxido de sodio concentrado (1 mL). Posteriormente, se a una alícuota de 10 mL se le agregó 5 mL de solución color (Molibdato de amonio). Finalmente, se enrazó a 25 mL con agua destilada. Por último se midió la absorbancia utilizando un espectrofotómetro a una longitud de onda de 460 nm. Los resultados se obtuvieron a partir de una curva de calibración y se expresaron en ppm de fósforo Total.
Nitrato (NO₃⁻)*	4500-N APHA (1992)	La muestra se filtró con carbón activado para eliminar la turbidez. El contenido de nitratos se determinó a partir de la lectura de los valores de transmitancia en el espectrofotómetro a 220 y 275 nm. Los resultados se obtuvieron a partir de una curva de calibración y se expresaron en ppm de nitratos.
Alcalinidad	2320-B-APHA (1992)	Se tomaron 25 mL de muestra y trasvasaron a enrlenmeyer de 250 mL. Se adicionaron 3 gotas de heliantina y tituló con ácido sulfúrico 0,02N hasta viraje de color. Los resultados se expresaron en ppm de carbonato de calcio.
Dureza	2340-C APHA (1992)	Se tomó 25 mL de muestra y trasvasaron en un enrlenmeyer de 250 mL. Luego de adicionar una pizca de Negro de eriocromo T, y 1,5 mL de solución reguladora de amonio a fin de elevar el pH a 11, se tituló con ácido EDTA 0,01N. Los resultados en ppm de carbonato de calcio.

**Se trabajó con un espectrofotómetro marca BOECO de rango UV/visible Modelo S-22U.*

5.6 Analisis de coliformes totales

Para extraer las muestras se emplearon recipientes estériles de 200 mL y se conservaron en frío y oscuridad hasta su procesamiento en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la

UNER. Se empleó la técnica del Número Más Probable (9221 B APHA, 1992), utilizando como medio de cultivo caldo Mack Conkey doble concentración con campanas Durham. Luego de la siembra, los tubos fueron incubados a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5$, durante 48 horas, en estufa de cultivo. Se consideró que un tubo presentaba crecimiento de coliformes si se observaba producción de gas y cambio de color del medio. Los resultados se expresaron como Número más probable (NMP) de coliformes totales/100 mL de agua.

Previo a la realización de los muestreos se realizó un análisis exploratorio, para encontrar el rango de diluciones de muestra a trabajar durante el período de estudio. Se trabajó con diluciones de entre 10^{-4} y 10^{-5} .

Debido a los costos de los medios de cultivo, se tomaron muestras de sólo dos sitios: i) entrada de agua del lago y ii) zona donde se encuentran los niveladores, es decir, la salida de agua.

5.7 Determinaciones de pigmentos fotosintéticos del agua

En el laboratorio de Química Ambiental de la Facultad de Ingeniería (UNER) se evaluó los niveles de los pigmentos fotosintéticos (clorofila *a* y feopigmentos) según el protocolo 10200 H (APHA, 1992).

Las muestras de agua se filtraron a baja intensidad luminosa con una bomba de vacío marca BOECO. Se utilizaron filtros de retención de líquidos de $0,7 \mu\text{m}$ de 47 mm de diámetro compuestos de una membrana de fibra de vidrio MGF (GFF). Una vez filtrada la muestra, se conservaron los filtros en oscuridad en sobres de papel aluminio y se refrigeraron en freezer (-4°C) durante 7 días hasta su análisis.

La extracción de los pigmentos se realizó triturando los filtros en un mortero de porcelana y agregando 10 mL de acetona 90% v/v como solución extractante. La suspensión obtenida se

transfirió a tubos y se centrifugó por 5 minutos a 1000 rpm (Figura 8) para separar los sólidos del resto de la suspensión. Se midió la absorbancia de la muestra con espectrofotómetro marca BOECO de rango UV/visible Modelo S-22U a 664 y 760 nm de longitud de onda a 750 y 666 nm a los 90 segundos antes de acidificar y después de acidificación con 100 µl de HCl 0,1 N.

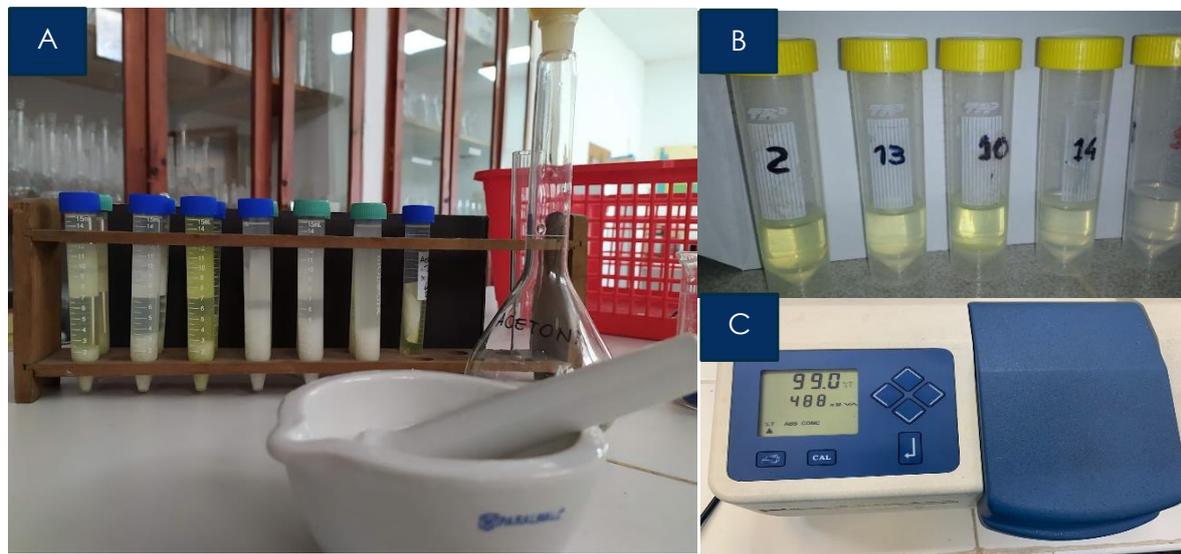


FIGURA 8. A) TUBOS CON SOLUCIÓN EXTRACTANTE ACETONA 90% LUEGO SE SER CENTRIFUGADOS. B) SOBRENADANTE CLARIFICADO LUEGO DE LA CENTRIFUGACIÓN. C) ESPECTROFOTÓMETRO BOECO UTILIZADO PARA LA MEDICIÓN.

Para determinar la concentración de Cla y feopigmentos se utilizaron las fórmulas propuetas por Lorenzen (1980), los resultados se expresaron en miligramos de pigmentos por metro cúbico de agua:

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg/m}^3\text{)} = \frac{26,7((664a-665b)xV1}{V2xl}$$

$$\text{Feopigmentos (mg/m}^3\text{)} = \frac{26,7 [1,7(665b)-664a]xV1}{V2xl}$$

Donde:

26,7= Factor de corrección de absorbancia 664 y 665

V1=Volumen del extracto en m³

V2=Volumen de la muestra en m³

L=Recorrido de luz de la cubeta en cm

664a y 665b= Lectura en espectrofotómetro antes y después de la acidificación.

5.8 Análisis de los datos y aplicación de índices

Para realizar el análisis estadístico de los datos, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk con el objetivo de verificar la normalidad de las distribuciones. Algunas de las variables, como los nitratos, el fósforo de fosfatos, alcalinidad y la dureza, fueron transformadas previamente con el fin de poder analizarlas adecuadamente.

Para el análisis de datos se empleó el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Para evaluar las diferencias significativas entre las variables, se aplicó la prueba paramétrica LSD de Fisher. Además, se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con el objeto de reducir la dimensionalidad en la cual se expresa el conjunto original de las variables (Peña, 2002). La correlación entre los parámetros se analizó utilizando el coeficiente de correlación de Pearson.

Se estableció el nivel de eutrofización a partir de los datos de clorofila *a* (C_{la}), Fósforo total (PT) y Transparencia del Disco de Secchi (DS). Se emplearon los índices de eutrofización para cuerpos de agua cerrados, propuestos por Carlson (1977), Carlson modificado por Aisaki *et al.* (1981) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), (1982). Para su cálculo se procedió de la siguiente manera:

A. Índices de estado trófico (TSI) para cuerpos de agua cerrados, según Carlson (1977): se obtiene a partir de una transformación de los parámetros transparencia del DS, PT y C_{la} obteniéndose para cada variable un índice independiente (TSI). Las fórmulas propuestas por Carlson (1977) son señaladas en la Tabla 3. Estos se promediaron y se obtuvo un

único valor, según el cual se clasifica el estado trófico del lago. El valor obtenido puede variar entre 0 (oligotrófico) y 100 (hipereutrófico).

TABLA 3. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL ESTADO TRÓFICO PROPUESTA POR CARLSON (1977). ESTADO TRÓFICO DE FÓSFORO (TSI-PT); ESTADO TRÓFICO DE CLOROFILA A (TSI-CLA) Y ESTADO TRÓFICO DE TRANSPARENCIA AL DISCO DE SECCHI (TSI-DS), PROPUESTAS POR CARLSON (1977).

TSI	Fórmula
TSI-PT	$14,42\text{Ln}(\text{PT}) + 4,15$
TSI-Cla	$9,81\text{Ln}(\text{Cl}a) + 30,6$
TSI-DS	$60 - 14,41\text{Ln}(\text{Ds})$

B. Índice de Carlson modificado por Aisaki *et al.* (1981):

Considera que la transparencia está parcialmente influenciada por factores que son independientes de la biomasa de las algas, por ello el cálculo es diferente a la propuesta inicial de Carlson (1977) (Tabla 4).

TABLA 4. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL ESTADO TRÓFICO DE CARLSON MODIFICADO POR AIZAKI *ET AL.* (1981). ESTADO TRÓFICO DE FÓSFORO (TSI-PT); ESTADO TRÓFICO DE CLOROFILA A (TSI-CLA) Y ESTADO TRÓFICO DE TRANSPARENCIA AL DISCO DE SECCHI (TSI-DS), PROPUESTAS POR CARLSON (1977) MODIFICADAS POR AIZAKI *ET AL.* (1981).

TSI	Fórmula	Observaciones
TSI-PT	$10 \times \frac{(2,46 + 6,68 + 1,15 \text{Ln PT})}{\text{Ln } 2,5}$	PT expresado en mg/L
TSI-Cla	$\frac{10 \times (2,46 + \text{Ln Cl}a)}{\text{Ln } 2,5}$	Cl a expresada en mg/m ³
TSI-DS	$10 \times \frac{(2,46 + 3,76 - 1,57 \text{Ln DS})}{\text{Ln } 2,5}$	Transparencia del DS en m

C. Índice de Eutrofización Anual desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (1982):

Utiliza, para la clasificación trófica de un medio acuático, parámetros medios anuales de concentraciones de PT, Cl a y DS calculados según (Tabla 5).

TABLA 5. CATEGORÍAS TRÓFICAS PROPUESTAS POR OCDE (1982).

Categoría trófica	Pt($\mu\text{g/L}$)	Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)		Transparencia DS(m)	
		Media	Máxima	Media	Mínima
Ultraoligotrófico	< 4	< 1	<2,5	6>12	>6
Oligotrófico	< 10	< 2,5	< 8	>6	>3
Mesotrófico	10 – 35	2,5 – 8	8 – 25	6 – 3	3 – 1,5
Eutrófico	35 – 100	25 – 75	25 – 75	3 – 1,5	1,5- 0,7
Hipertrófico	>100	>75	>75	<1,5	<0,7

Además, se aplicó el índice de Pigmentos (Ramirez, 2005), el cuál a diferencia de los anteriores no refiere al grado de eutrofización del cuerpo de agua sino que da cuenta del estado fisiológico de la comunidad algal. Este índice establece la relación entre la concentración de Cla y pigmentos totales (Cla y feopigmentos) según la siguiente fórmula:

$$\text{Indice de pigmentos} = (\text{Cla} / (\text{Cla} + \text{feopigmentos})) \times 100$$

5.9 Propuesta de manejo y gestión del Lago Parque Gazzano

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo se plantearon lineamientos para el manejo y la gestión de la eutrofización. Estos lineamientos tienen por objetivo proponer acciones tendientes a mejorar la salud del lago y el entorno del mismo. Esta propuesta fue realizada considerando directrices locales, nacionales e internacionales sobre el tema.

6. Resultados

6.1 Variables ambientales: Precipitaciones y temperatura del aire media mensual

En la figura 9 se muestran los valores históricos de temperaturas media mensuales (línea anaranjada punteada) y precipitaciones acumuladas mensuales históricas (barra violeta) obtenidos de la Estación Experimental Agropecuaria Paraná INTA. De acuerdo al registro

histórico 1961-2020 la menor temperatura media mensual corresponde a los meses de junio y julio.

En coincidencia, en el periodo de estudio se encontró que la menor temperatura media mensual se registró en el mes de julio con un valor de 12°C. El mayor valor se registró en el mes de octubre con un promedio mensual de 24,2 °C

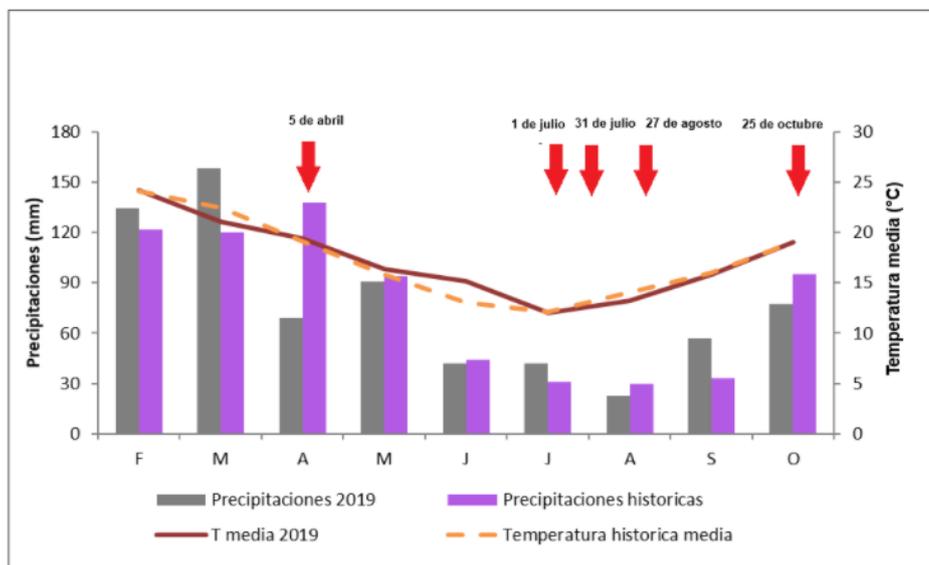


FIGURA 9. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (LÍNEA ROJA LLENA) EN EL PERÍODO DE ESTUDIO E HISTÓRICA (1967-2014) (LÍNEA PUNTEADA ANARANJADA) Y PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUAL EN EL PERÍODO FEBRERO-OCTUBRE 2019 (BARRA GRIS) Y PRECIPITACIONES MEDIAS HISTÓRICAS (1934-2014) (BARRA VIOLETA). LAS FLECHAS SEÑALAN LOS MOMENTOS DE MUESTREO. FUENTE: EEA PARANÁ INTA

En la Figura 9 se presentan las temperaturas medias mensuales (línea continua roja) y las precipitaciones acumuladas (barras grises) representan las temperaturas medias mensuales del periodo de estudio. Respecto de las precipitaciones acumuladas mensuales durante el muestreo invernal (julio a agosto) se observó que las mismas fueron escasas. En estos meses dichas precipitaciones acumuladas fueron de 42,1 y 22,7 mm respectivamente. Estos valores mensuales acumulados fueron el 70 % de los registrados en la época estival, ya que en el mes de marzo del mismo año se acumularon 158 mm.

Las variables ambientales se asemejaron un año normal. En tres de los cinco muestreos realizados, se registraron precipitaciones 1 o 2 días previos a la toma de muestras. Estos valores fueron de entre 1,5 y 13,3 mm (Tabla 6).

TABLA 6. FECHAS Y PRECIPITACIÓN ACUMULADA DÍAS PREVIOS A LOS MUESTREOS.

Fechas de precipitación	Fecha de muestreo	Lluvia acumulada (mm)
4 de abril	5 de abril	1,5
26 de agosto	27 de agosto	13,3
24 de octubre	25 de octubre	5,5

6.2. Descripción del lago

6.2.1 Perfil del lago

El cuerpo de agua tuvo en la zona de mayor longitud 150 metros de largo, mientras que el ancho fue de 120 metros. Las dimensiones de la isla fue de 35 metros de longitud y de 19 metros de ancho. La batimetría (Figura 5b) mostró que su máxima profundidad es de 1,5 metros y se localiza alrededor de la isla.

6.3 Parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua

6.3.1 Temperatura del agua

Al analizar la temperatura superficial del agua, se observó que los valores mínimos se registraron durante el muestreo del 31 de julio, con temperaturas que oscilaron entre 11,6 °C y 13,6 °C. En promedio, la temperatura del agua en esa fecha fue de 12,7 °C, lo que representó un 55 % menos que el valor medio registrado en octubre (28,7 °C), mes en el que se alcanzaron las temperaturas más altas (Figura 10). Se observó que el sitio 1 presentó mayor temperatura, en tres de las cinco fechas analizadas, que el promedio de la temperatura del lago. Las diferencias fueron entre 0,8 y 3 °C.

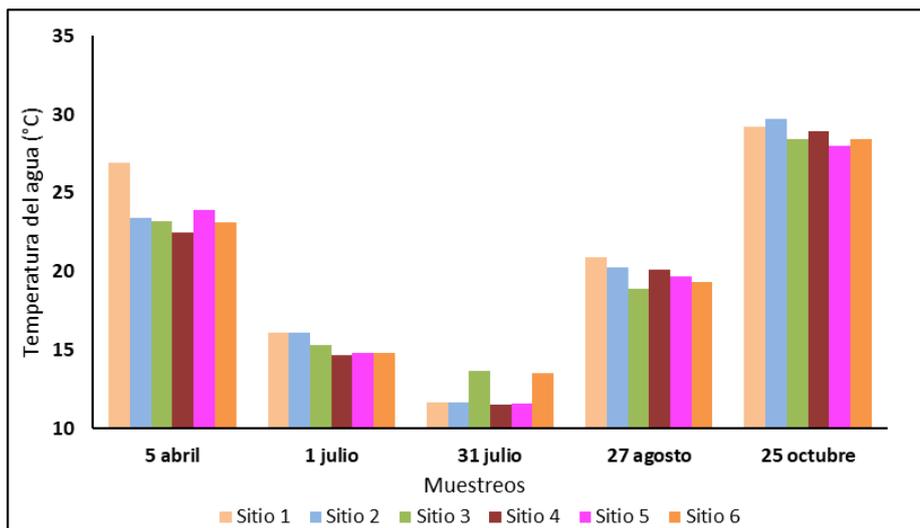


FIGURA 10. TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA EN LOS DISTINTOS MOMENTOS DE MUESTREO.

6.3.2 Transparencia medida con Disco de Secchi (TDS)

En la Figura 11 se presentan los valores TDS obtenidos en los puntos de muestreo en el período de estudio. Los valores de TDS registrados oscilaron entre 15 y 57 cm. En el muestreo del 5 de abril los sitios tuvieron valores de TDS similares entre sí (entre 27,3 y 27,5 cm). Esta tendencia no se observó en el resto de los relevamientos realizados. En la fecha del 1 de julio los sitios 2 y 4 tuvieron los mayores valores del parámetro (entre 57 y 53 cm, respectivamente) reflejando la mayor transparencia de todo el estudio en esta colecta. Estos valores se diferenciaron significativamente del resto ($p < 0,05$).

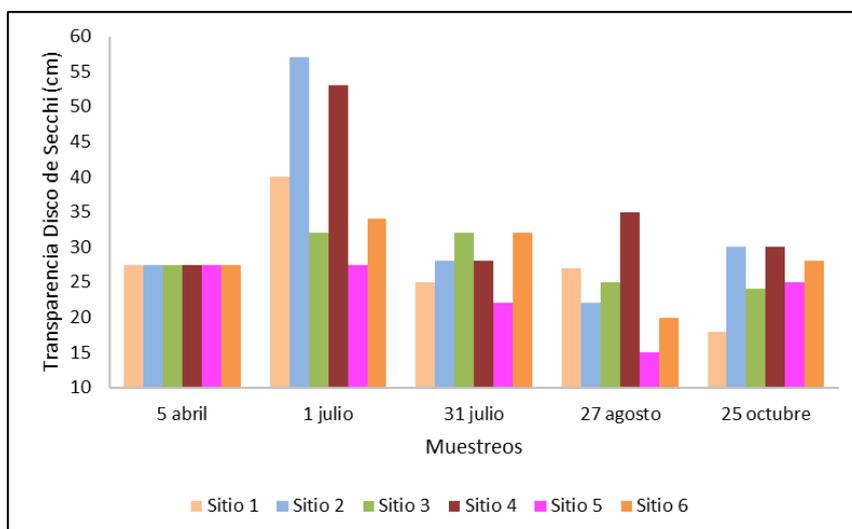


FIGURA 11. TRANSPARENCIA MEDIDA CON DISCO DE SECCHI (TDS) MEDIDA EN CM EN LOS DIFERENTES SITIOS ANALIZADOS.

6.3.3 Conductividad eléctrica (Cw)

La Figura 12 presenta los valores de conductividad eléctrica, expresados en $\mu\text{S}/\text{cm}$, medidos durante el período de estudio en los diferentes sitios del lago analizado. En cada uno de los muestreos, el análisis estadístico no reveló diferencias significativas en los valores de este parámetro entre los sitios. Sin embargo, se destaca que en el muestreo realizado el 1 de julio se registraron los valores más altos de conductividad en todos los puntos de muestreo. En particular, el valor máximo alcanzó los $222 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el sitio 5 que se diferenció significativamente del resto de los sitios ($p < 0,05$). Estos últimos tuvieron valores de entre 208 y $216 \mu\text{S}/\text{cm}$.

En los relevamientos realizados el 27 de agosto y el 25 de octubre se registraron los valores más bajos de conductividad eléctrica (Cw). En el primero de éstos, los valores fluctuaron entre $185 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el sitio 6 y $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el sitio 2 el que se diferenció significativamente del resto ($p < 0,05$). En el muestreo del 25 de octubre, los menores valores se registraron en los sitios 2 y 3 ($187 \mu\text{S}/\text{cm}$), en tanto los sitios 1 y 5 alcanzaron los valores más altos (192 y $196 \mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente). Estos dos últimos sitios se diferenciaron del resto ($p < 0,05$).

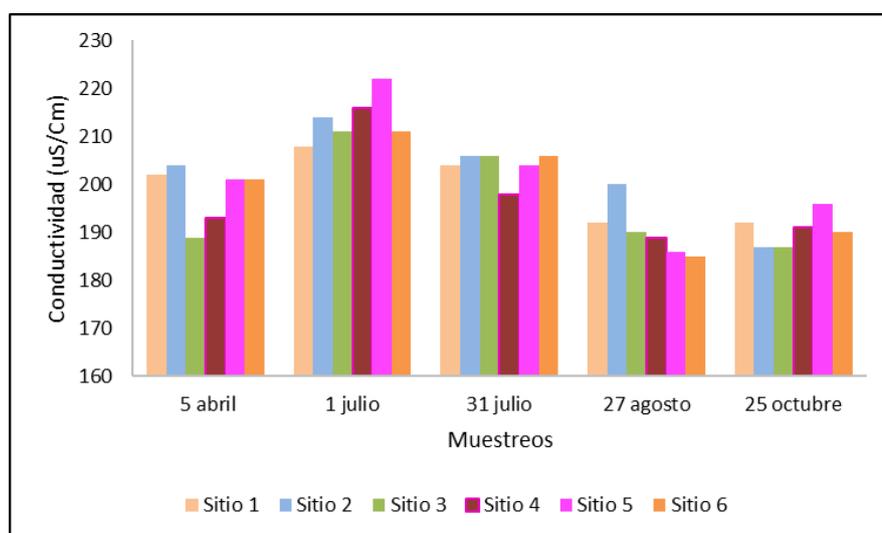


FIGURA 12. VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (Cw) EN LOS DISTINTOS MOMENTOS DE MUESTREO.

6.3.4 pH

Al analizar los valores de pH en diferentes fechas de muestreo y sitios evaluados, no se encontraron diferencias significativas entre ellos. En la Figura 13 se pueden observar los valores de pH de los sitios evaluados.

Durante los muestreos realizados en abril y octubre, se observaron los valores mínimos de pH. En el muestreo del 5 de abril, el sitio 1 registró un valor de pH de 8,97, mientras que los demás sitios presentaron valores entre 6,6 y 7,4. De manera similar, en el muestreo de octubre, el sitio 1 mostró un pH elevado de 9,45, en contraste con los otros sitios, cuyos valores oscilaron entre 6,54 y 7,20.

Durante los relevamientos realizados el 1 y 31 de julio, así como el 27 de agosto, se registraron los valores de pH más elevados de todo el estudio. En el mes de julio, el pH varió entre 9,04 y 9,20, mientras que en el muestreo posterior, los valores estuvieron entre 8,21 y 8,63. El 27 de agosto, se observaron valores de pH que oscilaron entre 8,49 y 9,50.

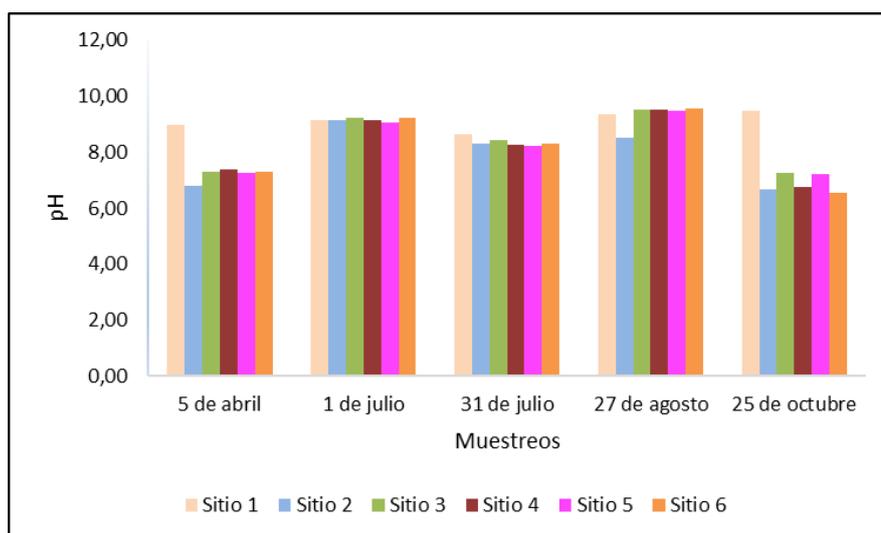


FIGURA 13. VALORES DE PH DE CADA MUESTREO EN LOS DISTINTOS MOMENTOS DE MUESTREO.

6.3.5 Oxígeno Disuelto (OD)

En la Figura 14 se presentan los tenores de oxígeno expresados en mg/L en cada fecha de muestreo. Se observó que dos muestreos mostraron las mayores concentraciones de OD en

todos los sitios: el 1 de julio, con concentraciones entre 8,6 y 9,8 mg/L; y el 27 de agosto, tuvieron valores entre 7,3 y 8,1 mg/L.

Las fechas del 5 de abril y 25 de octubre se caracterizaron porque la variable registró los menores valores. Estos fueron entre 0,4 (sitio 1) y 1,8 mg/L (sitio 6) en el primer caso y 0,8 (sitio 3) y 1,4 mg/L (sitio 4), en el último muestreo.

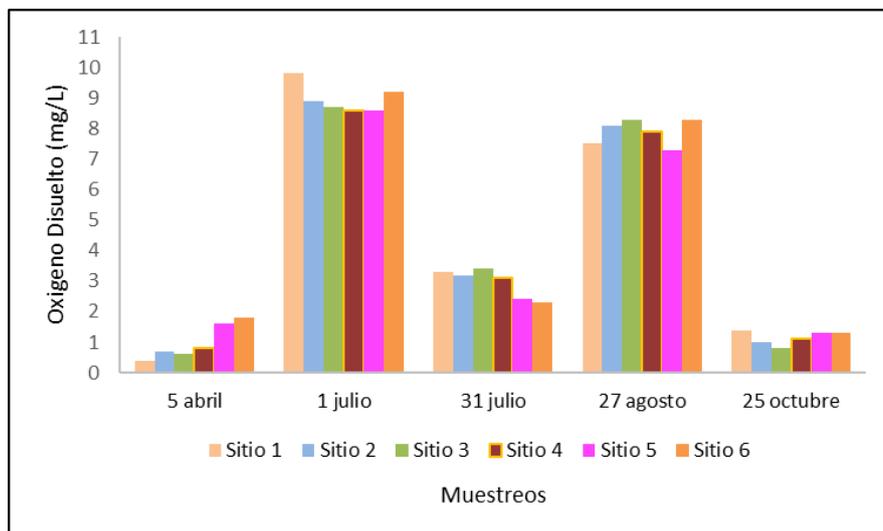


FIGURA 14. CONTENIDO DE O₂ (MG/L) EN LOS DISTINTOS MOMENTOS Y SITIOS DE MUESTREO.

6.3.6 Alcalinidad total (AT)

En la Figura 15, se muestran los valores de alcalinidad total (expresada en ppm CaCO₃) para los diferentes sitios y fechas analizadas. El 5 de abril se registraron las concentraciones más bajas de CaCO₃ en los sitios 1, 2 y 3 con valores de 114, 114,3 y 138 ppm, respectivamente. En esta fecha el sitio 5 se diferenció significativamente con un valor de 253ppm ($p<0,05$).

Los mayores valores de AT fueron registrados el 25 de octubre en todos los sitios (entre 348 y 413 ppm). Los sitios 1 y 2 se diferenciaron del resto de los sitios ($p<0,05$).

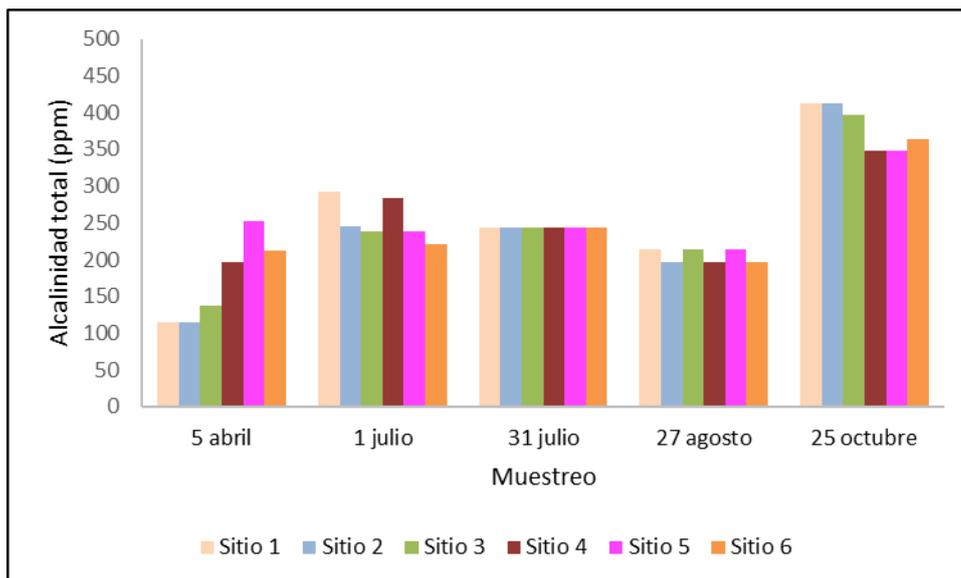


FIGURA 15. VALORES DE ALCALINIDAD TOTAL (PPM) HALLADOS EN LOS DISTINTOS MOMENTOS Y PARA LOS DIFERENTES SITIOS.

6.3.7 Dureza

Los datos de dureza, expresados en ppm de carbonato de calcio (CaCO_3), se muestran en la Figura 16. El 5 de abril la dureza tuvo los menores valores de todo el estudio, los cuales oscilaron entre 40 ppm en el sitio 1 y 90 ppm en los sitios 4, 5 y 6. Estos últimos de muestreo se diferenciaron estadísticamente del resto ($p < 0,05$).

Los mayores valores de dureza se registraron el 25 de octubre, en todos los sitios con valores entre 213 y 248 ppm. Los puntos de muestreo 1 y 2, se diferenciaron estadísticamente ($p < 0,05$).

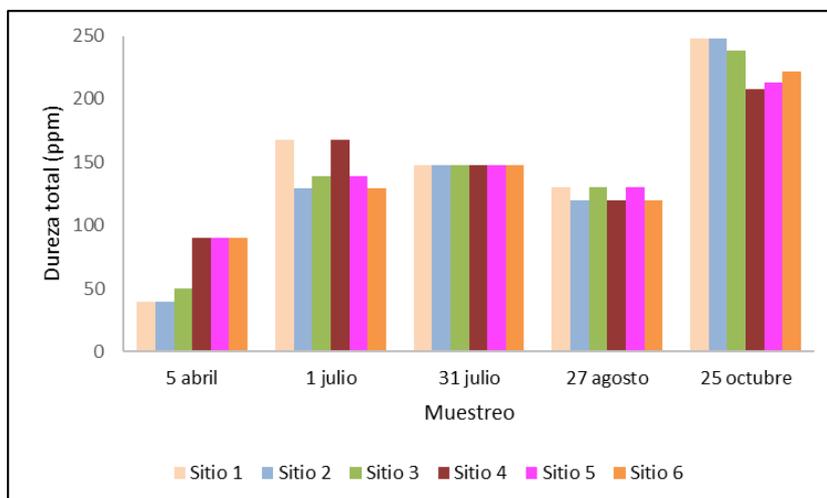


FIGURA 16. VALORES DE DUREZA (PPM) HALLADOS EN LOS DISTINTOS MOMENTOS Y PARA LOS DIFERENTES SITIOS.

6.3.8 Nitratos

En la Figura 17 se presenta la concentración del ion nitrato (NO_3^-) en los distintos sitios y fechas evaluadas. En el muestreo del 5 de abril se registraron los mayores valores en todos los sitios con valores que oscilaron entre 7,5 ppm en el sitio 6 y 16,5 ppm en el sitio 1, diferenciándose estadísticamente este último del resto de los puntos de muestreo ($p < 0,05$).

En el muestreo del 31 de julio el sitio 4 presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en relación al resto. El valor promedio alcanzado en este sitio fue de 4 ppm.

El 27 de agosto, el sitio 1 se diferenció estadísticamente del sitio 4 ($p < 0,05$)

En el muestreo del 25 de octubre, el sitio 1, mostró diferencias significativas con el resto ($p < 0,05$), aunque registró valores más bajos que en el muestreo anterior.

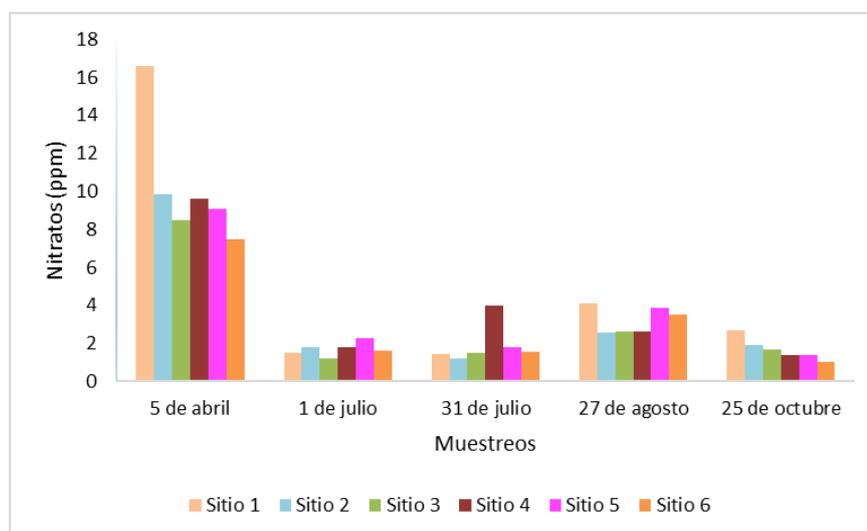


FIGURA 17. CONTENIDO DE NITRATOS (PPM) HALLADOS EN LOS DISTINTOS MOMENTOS Y EN LOS SITIOS DE MUESTREO ANALIZADOS.

6.3.9. Fósforo

6.3.9.1 Concentración de fosforo total (PT)

La concentración de fósforo total (PT), expresada en ppm se muestra en la Figura 18. En este trabajo no se contó con los datos de PT del muestreo inicial ya que el digestor utilizado para realizar los análisis se encontraba fuera de servicio en el momento de muestreo.

Los valores de PT en épocas de invierno (1 y 31 de julio) fueron los menores registrados. En el muestreo del 1 de julio los mismos oscilaron entre 0,6 (sitios 1 y 2) y 1,1 ppm (sitio 4), en tanto el 31 de julio se encontró entre 1 (sitio 1) y 1,4 ppm (sitio 6). El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los sitios analizados en ninguno de estos muestreos ($p < 0,05$).

Al analizar los valores correspondientes al muestreo del 27 de agosto, se observó un incremento de este parámetro en cinco puntos de muestreo. Pese a no hallarse diferencias significativas ($p < 0,05$), los sitios 2 y 6 fueron los que exhibieron el mayor incremento en relación al muestreo anterior (1,9 y 2 veces respectivamente). El valor máximo hallado fue de 4,4 ppm (sitio 6). El sitio 3 tuvo una concentración similar de la variable a la encontrada en el muestreo anterior (1,1 ppm).

En cuanto al muestreo del 25 de octubre, éste se destacó por los altos contenidos de PT en cinco de los seis sitios, con valores que oscilaron entre 20,5 ppm (sitio 3) y 23,7 ppm (sitio 1). El sitio 6 a diferencia del resto, mostró un descenso en el contenido de PT, respecto al muestreo anterior. Los sitios 1,2,3 y 4 se diferenciaron del resto ($p < 0,05$).

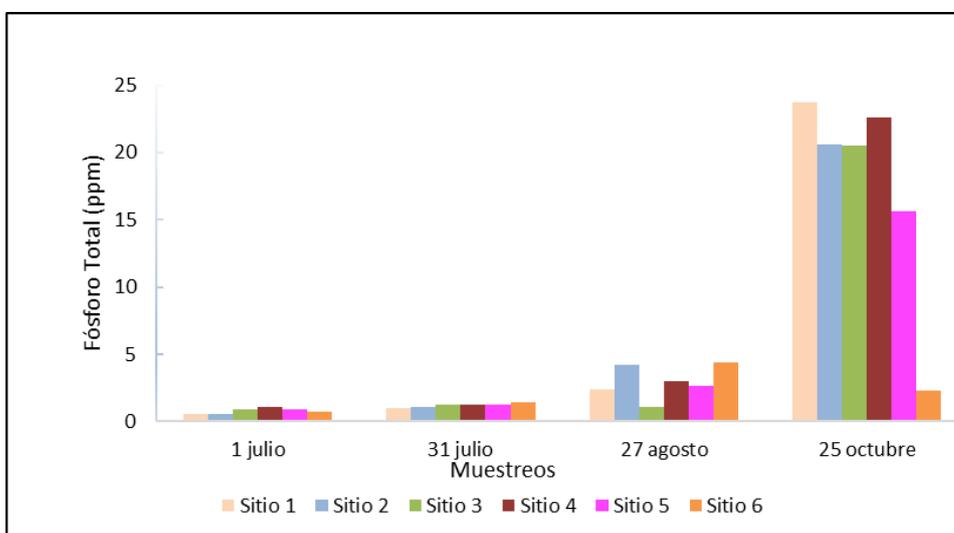


FIGURA 18. CONTENIDO DE FÓSFORO TOTAL HALLADOS EN LOS DISTINTOS MOMENTOS Y EN LOS SITIOS DE MUESTREO ANALIZADOS.

6.3.9.2 Fósforo de fosfatos (P-PO₄³⁻)

La Figura 19 muestra el contenido de P-PO₄³⁻ (ppm) en los sitios evaluados a lo largo de los muestreos realizados. La menor concentración de P-PO₄³⁻ se halló en los muestreos de julio, en todos los sitios. Estos oscilaron entre 0,22 y 0,47 ppm el 1 de julio y entre 0,21 y 0,25 el 31 del mismo mes.

En el muestreo del 5 de abril el sitio 5 se diferenciación estadísticamente del resto de los puntos de muestreos ($p < 0,05$) con un valor de 1 ppm.

En los muestreos del 27 de agosto el muestreo 3 se diferenció del resto de los puntos de muestreo, alcanzando un valor de 1,8 ppm. El mismo punto también fue estadísticamente diferente en el muestreo del 25 de octubre ($p < 0,05$).

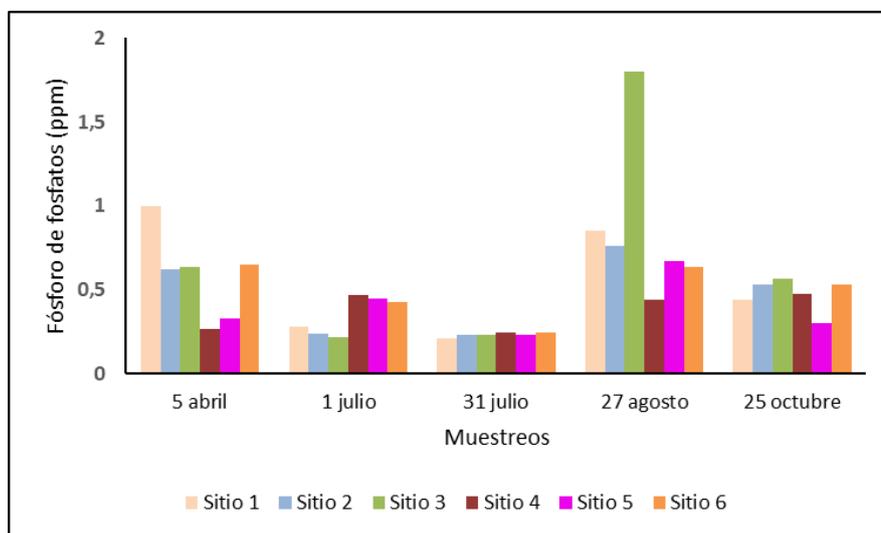


FIGURA 19. CONTENIDO DE FOSFATOS (PPM) HALLADOS EN LOS DISTINTOS MOMENTOS Y EN LOS SITIOS DE MUESTREO ANALIZADOS.

6.3.10 Clorofila y feopigmentos

Los valores de clorofila *a* (CLa) registrados en los sitios analizados a lo largo del período de estudio se presentan en la Figura 20.

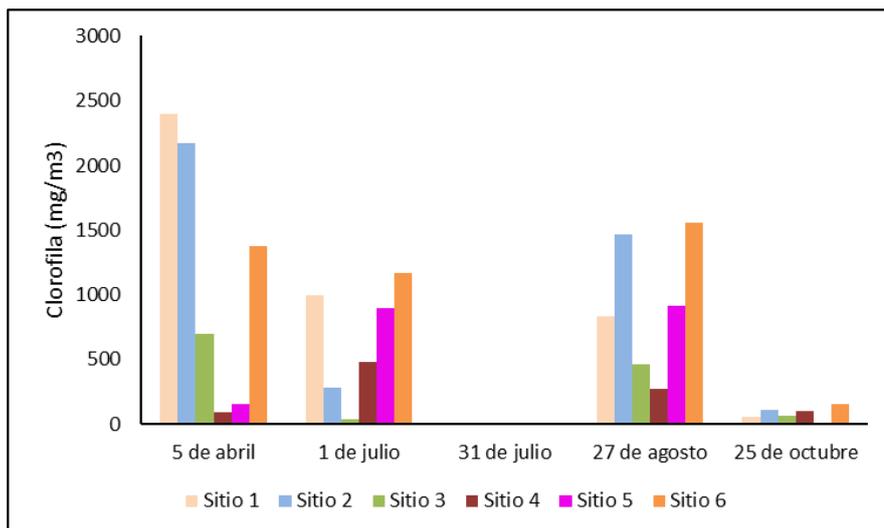


FIGURA 20. VALORES DE CLOROFILA A EXPRESADOS EN MG/M³ EN LOS DIFERENTES SITIOS Y FECHAS DE MUESTREO.

Los contenidos de CLa fueron variables entre las fechas de muestreo y entre los sitios analizados. El 5 de abril se detectó un máximo de 2300 mg/m³ (sitio 1) y un mínimo de 94 mg/m³ (sitio 4). En el mes de julio la concentración del pigmento disminuyó en todos los sitios con excepción de los sitios 4 y 5. El menor valor se midió en el sitio 3 (32 mg/m³) y y mayor contenido se observó en el sitio 6 (1165 mg/m³).

Al realizar el muestreo del 31 de julio, no se detectaron niveles registrables de CLa en el cuerpo de agua en ninguno de los sitios analizados. En el 27 de agosto los valores del pigmento oscilaron entre 258 mg/m³ (sitio 4) y 1554 mg/m³ (sitio 6). En el muestreo del 25 de octubre se registró una disminución en la concentración del pigmento con un máximo de 157mg/ m³ en el sitio 6 y un mínimo de 6 mg/ m³ en el sitio 5.

En cuanto a los feopigmentos (Figura 21), en el muestreo del 5 de abril se observó el mayor contenido de los mismos en todos los sitios, cuyos valores oscilaron entre 30 (sitio 5) y 230 mg/m³ (sitio 3). El 1 de julio todos los puntos de muestreo mostraron un descenso de la variable, observándose que el sitio 4 registró el mayor descenso (de 93 mg/m³ a 7 mg/m³).

El 31 de julio sólo se hallaron niveles detectables en el sitio 3, con una concentración de 3,7 mg/m³. En el muestreo posterior se evidenció el incremento de la variable en los sitios 4, 5 y 6, este último sitio alcanzó el mayor contenido del pigmento (42 mg/m³). Por último, el 25 de octubre se detectaron niveles de feopigmento en todos los sitios. Dichos valores oscilaron entre 1,9 (sitio 3) y 9,8 (sitio 5).

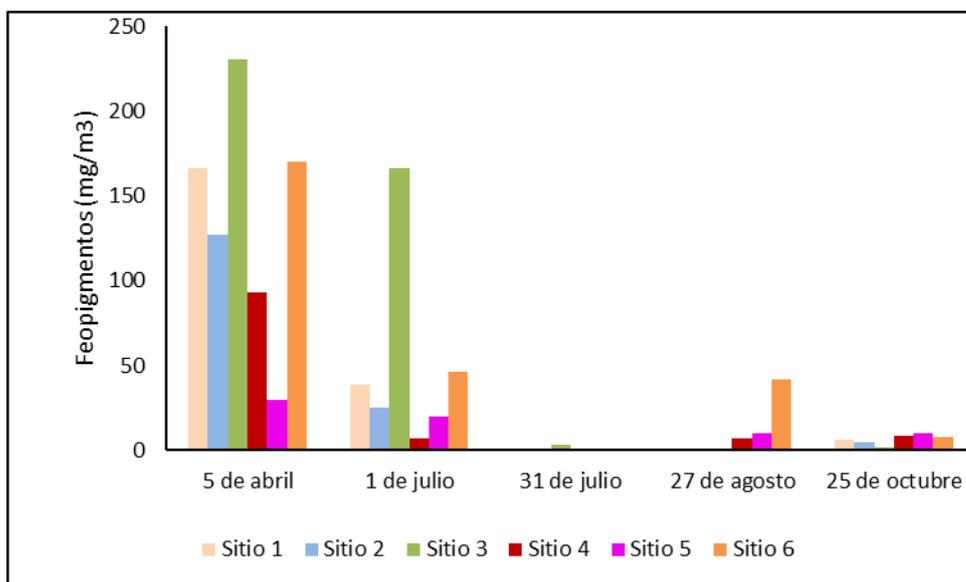


FIGURA 21. VALORES DE FEOPIGMENTOS A EXPRESADOS EN MG/M³ EN LOS DIFERENTES SITIOS Y FECHAS DE MUESTREO.

Para analizar el estado fisiológico de la comunidad algal en cada sitio de muestreo a lo largo del ensayo, en la figura 22 a, b, c, d, e, f, se muestran los valores de los pigmentos fotosintéticos registrados (barras verdes corresponden a CLa y barras marrones a feopigmentos) asociados al índice de pigmentos (Ramirez, 2005) (línea azul).

Los valores del índice en los puntos muestrales 1, 2, 4, 5 y 6 presentaron una tendencia similar a lo largo de los muestreos.

Al iniciar el ensayo los valores del índice fueron superiores al 50% en todos los sitios, lo cual permite inferir que la comunidad algal se encontraba en un ciclo productivo. Pese a esto, el sitio 4 fue el que alcanzó el menor valor del índice de pigmentos (50,1%) en tanto que en el resto de los sitios los valores oscilaron entre 75,3 % (sitio 3) y 94,5 % (sitio 2).

En el segundo muestreo se observó un incremento del índice de Ramirez (con excepción del sitio 3) donde se obtuvieron valores entre 91,8% (sitio 2) y 98,5% (sitio 4) a pesar de registrarse una disminución en los niveles de CLA. Si bien la biomasa algal disminuyó, probablemente asociado a los valores estacionales de la temperatura, aún lo alcanzó su madurez pigmentaria ya que los niveles de feopigmentos no registraron un aumento. Por su parte, el sitio 3, a diferencia de los demás, reveló un mayor estado de madurez pigmentaria, reflejado en un descenso en el valor del índice (16,16%).

En el tercer muestreo se detectó un drástico descenso en los niveles del índice de pigmentos en todos los sitios evaluados revelando una etapa de madurez pigmentaria y por lo tanto reflejando una población fotoautotrófica en fase terminal.

La situación descrita anteriormente se revirtió en el muestreo del 27 de agosto, fecha en la cual se detectó un incremento del índice a valores similares a los iniciales en todos los sitios. El sitio 6 reveló el menor valor alcanzando un índice de pigmentos del 97,3%, en tanto en los sitios 1, 2 y 3 se registraron un valor del 100% alcanzando la máxima fase productiva.

En el muestreo de octubre, se detectó un descenso en el índice de Ramirez (2005), en el sitio 5, (40%). En el resto de los sitios analizados los valores fueron similares a los calculados en el muestreo previo.

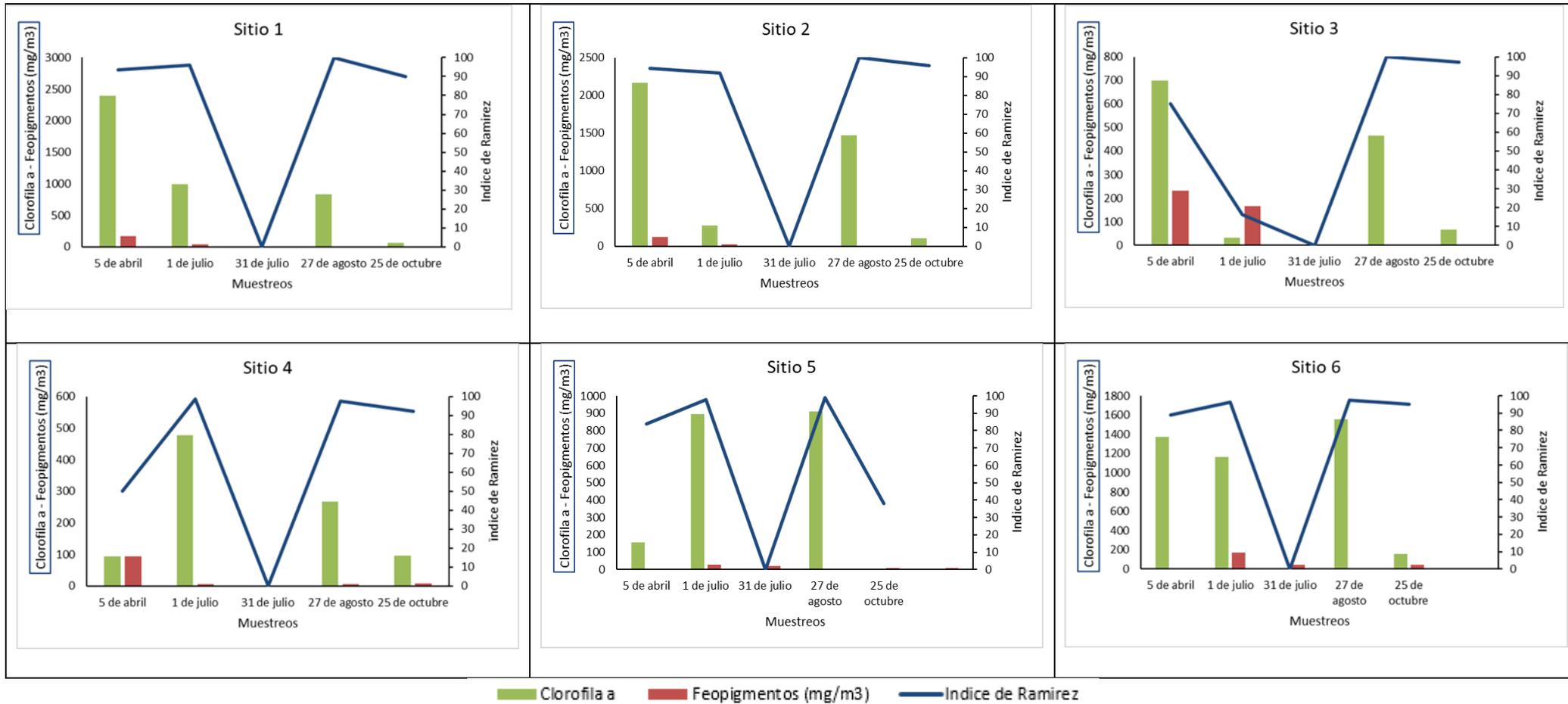


FIGURA 22. VALORES DE LOS PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS HALLADOS ASOCIADOS AL ÍNDICE DE PIGMENTOS. A) SITIO 1, B) SITIO DE, C) SITIO 3, D) SITIO 4, E) SITIO 5, F) SITIO 6.

6.3.11 Coliformes Totales

El valor de coliformes totales (CT) es un indicador de la contaminación microbiológica del agua. En este trabajo, sólo se analizó los sitios de entrada y salida de agua del sistema lacustre (sitios 3 y 5 respectivamente) en los tres últimos muestreos del estudio. Los resultados de los recuentos expresados en número más probable (NMP) de coliformes/mL de agua se presentan en la Tabla 7.

TABLA 7. NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) DE COLIFORMES POR ML DE AGUA OBTENIDOS EN LOS SITIOS ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA.

Fecha de Muestreo	Entrada (NMP/mL)	Salida (NMP/mL)
31 de julio 2019	$7,8 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$
27 de agosto 2019	$1 \cdot 10^5$	$<1 \cdot 10^3$
25 de octubre 2019	$2 \cdot 10^4$	$<1 \cdot 10^3$

Se encontró, que los valores hallados en la entrada fueron mayores a los encontrados a la salida del sistema en todos los muestreos analizados.

6.3.12 Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) a partir de los valores de las variables físico químicas (pH, Cw, P- PO_4^{3-} , NO_3^- , OD, AT, Dureza), ambientales (temperatura del agua y sólidos totales disueltos(TDS)) y biológicas (CLa y feopigmentos) se presenta en la Figura 23. Dichas variables son representadas por los vectores, mientras que los sitios muestreados en los diferentes momentos analizados por los círculos azules (cada uno está identificado por un número romano que representa el momento de muestreo y un número arábigo que se refiere al sitio muestreado).

Las componentes 1 y 2 explicaron el 60,4 % de la variabilidad total de los datos, con una correlación cofenética de 0,868.

Las variables CLa y feopigmentos recibieron los pesos positivos más altos al construir la componente 1. Se encontró además que el contenido de los pigmentos fotosintéticos estuvieron más relacionados con las variables vinculadas al contenido de nutrientes en el cuerpo de agua (N y P). Estas variables separaron los muestreos del mes de agosto (IV) del resto.

La componente 2 separó el muestreo V (Octubre), asociado a la AT y la dureza del agua, de los muestreos II y III (1 y 31 de julio). Estos últimos se encontraron asociados al OD, pH, Cw y TDS.

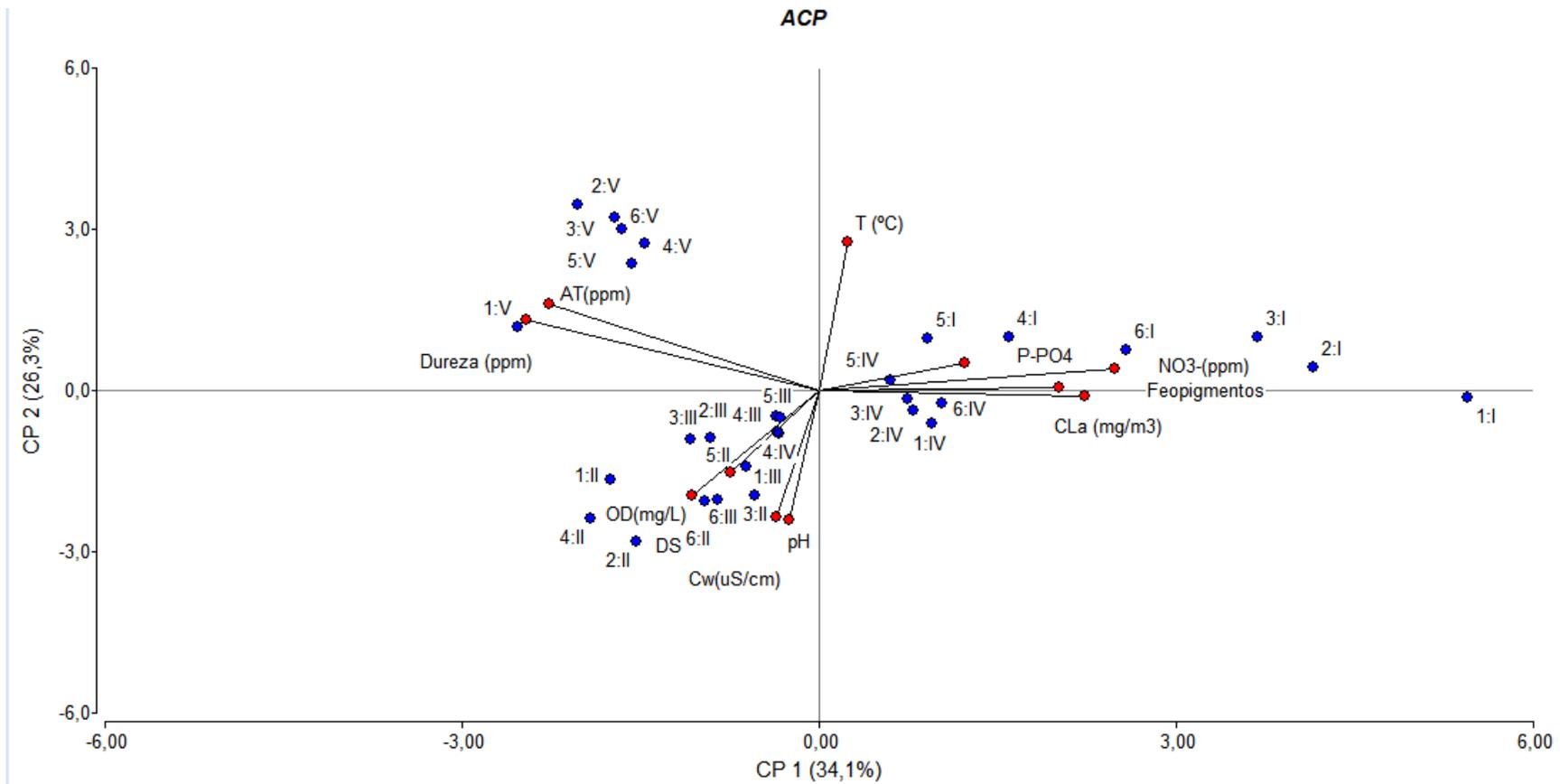


FIGURA 23. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) A PARTIR DE LOS DATOS DE LAS VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS Y AMBIENTALES, Y LOS NIVELES DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS. LOS CÍRCULOS AZULES REPRESENTAN LOS MUESTREOS ANALIZADOS (EN NÚMEROS ÁRABIGOS SE REPRESENTAN LOS SITIOS Y EN NÚMEROS ROMANOS SE SEÑALAN LOS MUESTREOS: I: 5 DE ABRIL; II: 1 DE JULIO; III: 31 DE JULIO; IV: 27 DE AGOSTO; V: 25 DE OCTUBRE). VARIABLES: NITRATOS, FOSFATOS; CLOROFILA A; FEOPIGMENTOS, pH; CONDUCTIVIDAD; DUREZA; ALCALINIDAD TOTAL; OXÍGENO DISUELTOS Y TEMPERATURA.

6.4. Estado trófico del lago Parque Gazzano

6.4.1 Índice de Carlson (1977)

Los valores de TSI (Trophic state index) obtenidos en los muestreos realizados se presentan en la Tabla 8. En el muestreo del 5 de abril no se contó con el dato de PT por lo que no se analizó el índice para esta fecha. El estado trófico presentó estados diferenciados de eutrofización de acuerdo a la época del año considerada. Al inicio del estudio el lago evidenció situaciones de media y baja productividad, debido principalmente, al bajo contenido de nutrientes, en particular de fósforo total (TSI-PT). Esto a su vez pudo haber afectado el desarrollo de la comunidad algal (el 31 de julio no se hallaron niveles detectables de *Cla* (Figura 22)).

La variación de temperatura mensual, acompañó el cambio de estados de eutrofización, disminuyendo de eutrófico (1 de julio) a oligotrófico (31 de julio) e incrementándose a hipertrófico el 27 de agosto y 25 de octubre.

TABLA 8. TROPHIC STATE INDEX (TSI) (CARLSON ,1977) DEL LAGO GAZZANO EN LAS DISTINTAS FECHAS EVALUADAS (LOS VALORES PRESENTADOS SON ADIMENSIONALES)

	TSI PT	TSI <i>Cla</i>	TSI DS	TSI media	
1 de julio	34	94	67	65	Eutrófico
31 de Julio	34	0	78	38	Oligotrófico
27 de agosto	44	97	81	74	Hipertrófico
25 de octubre	79	74	80	78	Hipertrófico

En los dos últimos muestreos, los mayores valores de TSI medio, se debieron al incremento del contenido de PT.

Los valores de TSI TDS, a diferencia de lo observado con el PT presentaron menor variación, y oscilaron entre 67 y 80 a lo largo del periodo de estudio.

6.4.2 Carlson modificado por Aizaki *et al.* (1981)

A los efectos de indagar sobre el estado trófico del lago en estudio, se aplicó además el índice de Carlson modificado por Aizaki *et al.* (1981), considerando que la transparencia está parcialmente influenciada por factores que son independientes de la biomasa de algas, por lo que considera el material en suspensión.

En general, los resultados obtenidos (Tabla 9) evidenciaron que el estado de eutrofia presenta una variación, disminuyendo hacia el 31 de julio, de manera similar al índice de Carlson (1977). Este descenso se produce debido a que en dicho muestreo la concentración no se detectó CLa. Asimismo, a partir de esta fecha se observó un incremento del TSI PT. En tanto, los valores de TSI TDS fueron muy similares a lo largo del período de análisis como lo observado al emplear el Índice de Carlson (1977).

TABLA 9. ÍNDICE DE CARLSON MODIFICADO POR AIZAKI *ET AL.* (1981)

Fecha	TSI CLa	TSI PT	TSI TDS	TSI MEDIO	ESTADO
1 julio	95	95	82	91	Hipereutrófico
31 julio	0	100	89	63	Eutrófico
27 agosto	99	111	91	101	Hipereutrófico
25 octubre	73	133	91	99	Hipereutrófico

6.4.3 OCDE (1982)

El Índice OCDE (1982) evalúa el estado anual del lago utilizando las concentraciones medias de las mismas variables que los índices precedentes (CLa, PT y TDS). Los resultados muestran que el lago se clasificó como hipertrófico (Tabla 10).

TABLA 10. ÍNDICE ANUAL DEL ESTADO TRÓFICO PROPUESTO POR OCDE (1982). VALORES PARA EL LAGO DEL PARQUE GAZZANO.

Media Anual CLa((μ/L)	Max CLa (μ/L)	Media PT (μ/L)	Media TDS (m)	Min TDS (m)	Estado
555,1	2507,1	5761	0,299	0,15	Hipertrófico

Si bien se trata de un índice que toma en cuenta los valores medios anuales de PT, *CLa* y TDS, por lo que muestra un estado general del lago, se observó un alto grado de degradación del cuerpo de agua.

7. Discusión

7.1 Parámetros evaluados

Al comparar las variables ambientales analizadas en este estudio temperatura del aire y precipitaciones acumuladas con las medias históricas de la región, se observa que los datos se ajustan a las condiciones de un año típico. El periodo de menores precipitaciones coincide con la temporada invernal, que abarca de julio a agosto (Duarte y Díaz, 2006).

De acuerdo a su profundidad y extensión, el lago de Parque Gazzano se asemeja a otros lagos ubicados en áreas urbanas como en la Escuela Juan B. Alberdi (Oro Verde, Entre Ríos) y Juan de Garay (ciudad de Santa Fe), el lago del Parque Sarmiento (ciudad de Córdoba), y el lago del Parque Unzué (Gualeguaychú, Entre Ríos) (Battauz *et al.*, 2014; ; Polla *et al.*, 2016; Gianello *et al.*, 2018; Leyes *et al.*, 2018; Cacciabue *et al.*, 2022). De acuerdo a la clasificación propuesta por Moss (1994), el perfil del lago analizado en el presente trabajo, se corresponde con el de un lago somero. Este autor, clasifica a los cuerpos de agua de acuerdo al calado en someros y profundos, estableciendo como límite entre estas 2 categorías los 3 metros. Usualmente los cuerpos de agua someros se caracterizan por tener una alta carga de nutrientes (especialmente N y P) y aguas poco transparentes, condiciones que favorecen un crecimiento excesivo de algas microscópicas y, en algunos casos, afloramientos de cianobacterias que pueden producir toxinas (Quiros, 2007). En este sentido al considerar los niveles de nutrientes hallados, los valores de NO_3^- encontrados en este trabajo, fueron superiores a los hallados por Polla *et al.* (2016) para el lago del Parque Garay de Santa Fe, quienes encontraron que los niveles correspondientes a las estaciones de otoño

e invierno alcanzan un promedio de 1,1 y 0,005 ppm, respectivamente, valores que en dichas estaciones fueron más de diez veces superiores en el lago del Gazzano.

La concentración de PT éstos están comprendidos entre los mencionados por Gianello *et al.* (2021) para el Parque Unzue de Gualeguaychú, Entre Ríos. Los altos niveles de éstos nutrientes en el Parque Gazzano, son atribuidos en parte a los ingresos pluviales por la lluvias registradas días antes en 3 de los 5 muestreos. Las precipitaciones generan un ingreso de nutrientes por escorrentías (Oliver Rajadel, 2017). Además, el contenido de nutrientes podría estar influenciado por los aportes de los sedimentos del fondo del lago, ya que el lago fue construido sobre una antigua ladrillería (Mayor, 2003) cuya materia prima incluye heces de animales. Para Zheng-Gang (2007) registros de PT superiores a 0,26 ppm en los cuerpos de agua favorecen el desarrollo de la microflora autotrófica lo que se traduce en altos niveles de eutrofización. Así, los valores encontrados en este trabajo son superiores a los señalados por el autor pudiéndose inferir que las microalgas cuentan con niveles de nutrientes que estimulan su crecimiento y desarrollo. Esto explicaría la concentración de CLa en el lago del Parque Gazzano, que superan ampliamente a los informados por Gianello *et al.* (2018) para el lago del Parque Unzúe, los cuales son menores a 475 mg/m³ Bonilla *et al.* (2021) por su parte mencionan que el crecimiento del fitoplancton se encuentra influenciado directamente por el contenido de P-PO₄³⁻ entre otros nutrientes. Además para el autor los altos requerimientos del ion fosfato por parte de la micoflora y una baja disponibilidad del mismo en el ambiente acuático, determinan que el P sea el elemento limitante en los ambientes limneticos. En este sentido la asociación hallada entre estas dos variables a través de la correlación de Pearson positiva significativa (0,39) entre los niveles de P-PO₄³⁻ y concentración de CLa ($p \leq 2,3 \times 10^{-3}$). Asimismo, el ACP reflejó la asociación del contenido de dicho ion y la CLa en los muestreos de abril y agosto, los que se caracterizaron por

alcanzar los menores valores del nutriente, indicando, como se señaló anteriormente, que este elemento es el limitante en el crecimiento de la microflora autotrófica.

Existen otros parámetros como la temperatura del agua, las precipitaciones, el oxígeno disuelto, la transparencia disco de Secchi, entre otros, que son limitantes en el crecimiento de la biomasa algal (Iparraguirre, 2012; Bonilla *et al.*, 2021). La interacción de los factores bióticos y abióticos es compleja y se modifica espacial y estacionalmente.

Aunque no se encontró correlación entre Cl_a y la temperatura del agua, esta última afecta la mineralización de la materia orgánica, especialmente en el período invernal. Con bajas temperaturas la disponibilidad del ion PO_4^{3-} para la comunidad algal es reducida.

Respecto a la TDS, se pudo observar, en términos generales, registros similares a los descritos por Polla *et al.* (2016), entre 7,6 y 40 cm, para el lago del Parque Garay. Estos valores son propios de lagos con alto contenido de biomasa vegetal, los cuales se caracterizan además por tener un color verdoso, generando un ambiente favorable para la proliferación de las macrófitas, que va conduciendo a un paulatino deterioro en las condiciones de oxigenación (Echaniz *et al.*, 2010; Dubey y Dutta 2020). En este sentido, y siguiendo la lógica planteada por los autores, la concentración de OD, mantiene una tendencia inversa al contenido de Cl_a . Esta relación entre los parámetros también es registrada por Polla *et al.* (2016) en el lago del Parque Garay de Santa Fe, quien menciona además, que la oxigenación del lago se incrementa en época invernal. Ésto puede explicarse por el estado físico del oxígeno ya que como lo expresa la ley de Henry: "*la solubilidad de los gases en líquidos es indirectamente proporcional a la temperatura*".

El incremento de la conductividad eléctrica observado en la época invernal, estuvo condicionado por el descenso en el nivel del agua, atribuido a las menores precipitaciones

acumuladas anteriores a la fecha de muestreo. El descenso del nivel del agua ocasiona un aumento en la concentración de los iones totales en el medio acuoso lo que se traduce en un aumento de la conductividad eléctrica (Vivot *et al.*, 2012). La concentración de otros iones no limitantes para el desarrollo algal son responsables del aumento de la C_w .

El pH del agua presentó fluctuaciones similares a las informadas por Polla *et al.*, (2016) en el Parque Garay, manteniéndose en valores neutros a alcalinos. Los valores alcalinos de pH en aguas superficiales se atribuyen al consumo de CO_2 en proceso de fotosíntesis. El consumo de dióxido de carbono desplaza el equilibrio ocasionando la disminución de ácido carbónico disuelto y el incremento del bicarbonato.

Los resultados obtenidos no reflejaron esta dinámica, ya que los valores de pH fueron elevados aún cuando no se detectó Cl_a . Iparraguirre (2012), expresa que el proceso es complejo y las variaciones espacio temporales pueden deberse a diversos factores bióticos y abiótico. Posiblemente existan otros procesos anaeróbicos que eleven la concentración de bicarbonato y consecuentemente del pH.

El índice de Ramirez (2005) refleja que el estado fisiológico de la comunidad algal varia a lo largo del periodo de estudio, pasa de un estado terminal en época invernal a uno de activo crecimiento (fase productiva) en primavera y otoño.

Los diferentes niveles de eutrofización obtenidos con los índices de Carlson (1977) y Carlson modificado por Aizaki *et al.* (1981), a lo largo del periodo de estudio se atribuyen a que el proceso eutrófico varía temporalmente de acuerdo a las características meteorológicas típicas de las estaciones en las zonas templadas (Zhen-Gang, 2007). Resultados similares fueron hallados por Boltovskoy y Foggetta (1985); Amé *et al.* (2003) y Cony *et al.* (2014), en cuerpos de agua cerrados de Córdoba y Buenos Aires. Las condiciones favorables de

temperatura e intensidad lumínica, junto con el aporte y la consecuente mineralización de nutrientes, afectan el desarrollo normal de los ecosistemas acuáticos llevando al lago a un estado eutrófico, que de ser sostenido, alcanza un fenómeno de contaminación que afectan la calidad de agua y la biodiversidad (Zouiten, 2012; Correal Salgado, 2022). Bonilla *et al.* (2021) señalan que el estado eutrófico se caracteriza por presentar valores de PT entre 0,48 y 1,89 ppm , una transparencia de 1,5 y 4 metros y una concentración de CLa entre 6,7 y 31 mg/m³. Los valores de las mencionadas variables registrados en este estudio fueron superiores a los caracterizados para un estado eutrófico de un cuerpo de agua según el criterio señalado por los autores. Bajo estas circunstancias la productividad de algas y plantas es alta con baja diversidad de especies. En este sentido, Jimenez Sanchez y Rosas Ferrusca (2023) indica que la presencia de la especie vegetal “repollito de agua” (*Pistia stratiotes*), observada en los muestreos de otoño y primavera, es un indicador de altos niveles de nutrientes en el agua. Valdez (2020) observa una situación similar en la laguna de la cava Borgo de la ciudad de Santa Fe.

Una consecuencia de altos indicadores de eutrofización es el incremento de las poblaciones de cianobacterias potencialmente tóxicas que generan las denominadas floraciones algales (Bonilla *et al.* 2021). Bajo estas circunstancias la calidad de agua para recreación se considera mala y la potabilización del recurso para uso humano es costoso y complejo.

En lo que respecta al índice OCDE (1982), no permite un análisis temporal, ya que se calcula empleando valores de concentración media y máxima de las variables anuales. En el presente estudio la aplicación de éste en el lago del Parque Gazzano, muestra que alcanza un estado similar al hallado por Quiróz (2000) en lagos ubicados de la planicie chaco pampeana, caracterizados por un estado hipertrófico.

7.2 Normas de calidad de agua para uso recreativo

Para analizar la calidad de agua para uso recreativo, en Argentina no existen normas que consideren el estado trófico de los cuerpos de agua. Sin embargo, las “*Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas*” (Resolución Ministerial 125/2016), prevén monitoreos y fijan límites para garantizar la calidad de agua para actividades recreativas valiéndose de otras normas como: “*valores guía para calidad microbiológica de aguas recreativas de la Organización Mundial de la Salud – OMS (2003)*”; Antecedentes de otros países y organizaciones; “*Valores guías de Canadá para aguas recreativas (2012)*”; “*niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente correspondientes a Escherichia coli / Enterococos (2003)*”.

Respecto al contenido de coliformes totales (CT), existen en el país pocos estándares de calidad de agua recreacional. Uno de ellos es la Normativa de Balneabilidad de Posadas (Normativa de balneabilidad de Posadas, 2013), la cual establece como límite superior 10.000 NMP/100 mL. Si bien es un indicador de baja correlación con la aparición de enfermedades transmisibles por el uso de agua de recreación, permite tener una idea de las condiciones sanitarias del recurso agua y posibles focos de contaminación.

Los valores de CT hallados en el lago del Parque Gazzano en la zona de ingreso al lago superan a los establecidos por la normativa. En tanto en la salida de agua, la cantidad de CT fue superior al límite permisible sólo en el muestreo del 31 de julio, señalando un posible efecto dilución en su recorrido por el lago. Con los datos analizados sólo puede inferirse que las condiciones y calidad del agua del lago son propensas a que se desarrollen microorganismos potencialmente dañinos para la salud humana.

Tampoco se observaron floraciones algales en ninguno de los muestreos que permitan sugerir un excesivo crecimiento de cianobacterias productoras de toxinas (*Anabaena* y *Microcystis*) (Bonilla *et al.*, 2021).

8. Propuesta de Lineamientos de Gestión para el Lago del Parque Gazzano

8.1 Normativas a tener en cuenta en los lineamientos

Entre Ríos posee diversas leyes y normativas relacionadas a la calidad de agua para uso recreativo que que permiten adecuar la propuesta de lineamientos de gestión. La Ley provincial de Aguas 9172¹ (1998) tiene por objeto regular del uso, aprovechamiento del recurso natural de aguas subterráneas y superficiales. Esta, se complementa con la Ley 9757² (2007) que establece la creación de Comité de Cuencas para la preservación del recurso hídrico. Otras disposiciones como el Decreto provincial 7547/99³ y la Ley provincial 9678⁴ (2005), regulan el uso de las fuentes de agua en general. No obstante, en lo que respecta a

¹ Ley provincial 9172 tiene por objeto la regulación del uso, aprovechamiento del recurso natural constituido por las aguas subterráneas y superficiales con fines económicos productivos en todo el territorio de la Provincia, tendiente a lograr su mejor empleo bajo los principios de equidad, proporcionalidad y racionalidad, apuntando a su conservación y defensa con el fin de mejorar la producción en armonía con el medio ambiente.

² Ley provincial 9757- Norma complementaria a la ley 9172 cuyo objeto es la creación, regulación, conformación, y funcionamiento de los Comité de Cuencas y los Consorcios del Agua de la Provincia de Entre Ríos, con la finalidad de generar condiciones, proyectos, asegurando así, la integración regional, provincial, y la explotación racional de las obras hidráulicas y del aprovechamiento sustentable del agua del dominio público.

³ DECRETO 7547/99 establece la gestión administrativa del agua, a través del Poder Público, confiado a las reparticiones del Estado Provincial.

⁴ LEY 9678 Constituye el marco regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos.

gestión de la eutrofización, a nivel provincial no se encontraron normativas dedicadas directamente al control de este proceso.

En la ciudad de Paraná, en el año 2013, mediante la Ordenanza 9121⁵ se crea la Asociación de amigos del arroyo Antoñico con objetivo de fomentar la recuperación del espacio fluvial, mediante su limpieza, reforestación y purificación del agua con especies hidrófilas y la introducción de especies ictícolas desaparecidas. De la misma participan la Fundación Eco Urbano, Foro Ecologista de Paraná, concejales municipales, el Secretario de Medio Ambiente municipal, la Tribu del Salto y los Bomberos Voluntarios. Esta asociación propone la necesidad de un comité de Cuencas para la ciudad de Paraná ya que ésta se encuentra atravesada por múltiples arroyos. En 2017 por Ordenanza 9668⁶ se delimitaron las cuencas hidrográficas urbanas. El comité de cuencas que prevé la Ordenanza se encuentra formado por un área técnica (profesionales y entidades públicas) y un área ciudadana (vecinos), coordinadas por la subsecretaria de ambiente sustentable y la subsecretaria de planeamiento. Actualmente, no todas las cuencas tienen formado su comité.

8.2 Lineamientos propuestos

A partir de los resultados de calidad del agua y estado trófico del lago es importante que su gestión se enfoque en medidas preventivas, de remediación y compensatorias. Dado que el cuerpo de agua se encuentra sometido a un proceso eutrófico, que se incrementa en los momentos del año con temperaturas más elevada es necesario mejorar la sanidad del cuerpo

⁵ OORDENANZA 9121. Creación de la Asociación Amigos del Arroyo Antoñico.

⁶ ORDENANZA MUNICIPAL N° 9668 – Creación de Cuencas hidrograficas urbanas de la ciudad de Paraná,

de agua. Además, en ambientes lénticos, como el caso en estudio, es necesario considerar la cuenca en la cual se encuentra y los aportes que recibe de modo de generar lineamientos acordes.

A continuación se describen diferentes propuestas de gestión, las cuales serán llevadas a cabo por diferentes actores, tales como personal municipal, referentes de instituciones académicas y educativas, estudiantes y la sociedad en general.

8.2.1 Comité de Cuenca

Existe una normativa municipal, la cual se comenzó a trabajar en el año 2014, mediante el Convenio de adhesión a la Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático, Se creó como parte de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) que impulsa el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). La misma fue sancionada en 2017 y establece la formación de un Comité por cada cuenca de la ciudad de Paraná. Dicho comité tiene como objeto el cuidado de las cuencas hidrográficas lo cual puede lograrse mediante la conformación de cuadrillas operativas especiales para cada cuenca, que se vinculen con problemáticas ambientales de la misma y gestionen los canales necesarios para atender las mismas, fomentando la participación ciudadana.

La cuenca Antoñico, a la que pertenece el lago no cuenta con dicho comité y éste es esencial para el seguimiento de tareas tendientes a mitigar los efectos de la eutrofización, así como también para poner en valor la importancia de este tipo de espacios recreativos y fomentar su cuidado con medidas de gestión apropiadas.

Se propone como primera medida, la formación del mismo y que éste sea integrado por diversos actores, además de tener una conformación interdisciplinaria a fin de lograr una mirada amplia con diferentes enfoques. En este sentido es indispensable crear espacios de interacción entre asociaciones vinculadas al Parque, (amigos del Parque Gazzano)

instituciones (escuelas ubicadas en el área de influencia del Parque, municipio y Universidades cercanas), además de público en general (personas de la zona) en pos de lograr una dinámica de trabajo colaborativo y comprometido.

8.2.2 Limpieza superficial del lago

Las tareas de limpieza del lago, incluyen la extracción de residuos que se encuentran en sus aguas (Figura 24), los cuales en muchos casos generan contaminación y deterioran el valor paisajístico del lago, considerando la función social y recreativa que tiene.



FIGURA 24. RESIDUOS OBSERVABLES EN LA SUPERFICIE DEL LAGO DEL PARQUE GAZZANO.

8.2.3 Control de la carga externa

En el lago del Parque Gazzano el agua ingresa por escurrimiento de zonas más elevadas y principalmente por el sitio, denominado “Entrada” (punto 5). El mismo constituye el sitio de conexión con los desagües y alcantarillas de Avenida Pedro Zanni por lo que luego de las lluvias arrastra todos los residuos.(Figura 25).



FIGURA 25. A): DETALLES DEL SITIO DE INGRESO DEL AGUA AL LAGO. B) DETALLES DE LA ALCANTARILLA UBICADA SOBRE AV. P. ZANNI QUE RECOGE LOS APORTES FLUVIALES QUE POSTERIORMENTE DESEMBOCAN EN EL LAGO.

Considerando que dicho lugar es una entrada puntual de efluentes pluviales, para controlar la carga externa será necesario delinear acciones que permitan disminuir el ingreso de residuos de diversos tamaños y características. Si bien este trabajo se focalizó en la eutrofización sería necesario realizar estudios que permitan ahondar otro tipo de problemáticas que generan otros contaminantes.

En este sentido, para disminuir el ingreso de residuos de mayor tamaño se deberán colocar redes en el ingreso del humedal y entre el humedal y el lago que se señalan en las Figuras 26 y 27. Si bien esto no controlará los materiales más pequeños, generará una reducción de dichos ingresos, además de aportar a la mejora del paisaje del lago.

Por otra parte, además de esto, será necesario reducir la entrada difusa de nutrientes, para lo que es de suma importancia el mantenimiento de las zonas de amortiguación (humedales), las cuales generan este impacto mediante la transformación vegetal. En este punto es importante destacar que, si bien existe una zona destinada para dicho fin, actualmente, no se llevan a cabo las tareas de cosecha y mantenimiento de las mismas, lo cual es indispensable para lograr una significativa disminución de biomasa de los productores primarios en el lago.

En el ingreso se observan algunas plantas de papiro (*Cyperus papyrus*), lirios (*Iris pseudocorus*) y otras acuáticas. Allí, se prevé necesario diseñar un sistema de manejo que controle la densidad de especies adecuadas (cosecha periódica) para disminuir la carga de nutrientes y materia orgánica que entra al lago. Se propone además incorporar una especie vegetal de comprobada acción fitodepuradora, la totora (*Typha spp.*) y otros papiros. El manejo de estas especies vegetales garantizan, además, un paisaje armonioso. Este tipo de prácticas es recomendada por De Miguel Beascochea *et al.* (2005).



FIGURA 26. ZONA DE INGRESO DE AGUA AL LAGO. ARRIBA: DESAGÜE COLECTOR DE ALCANTARILLA DE AV. P. ZANNI. ABAJO: CANAL DE INGRESO DE AGUA AL LAGO.

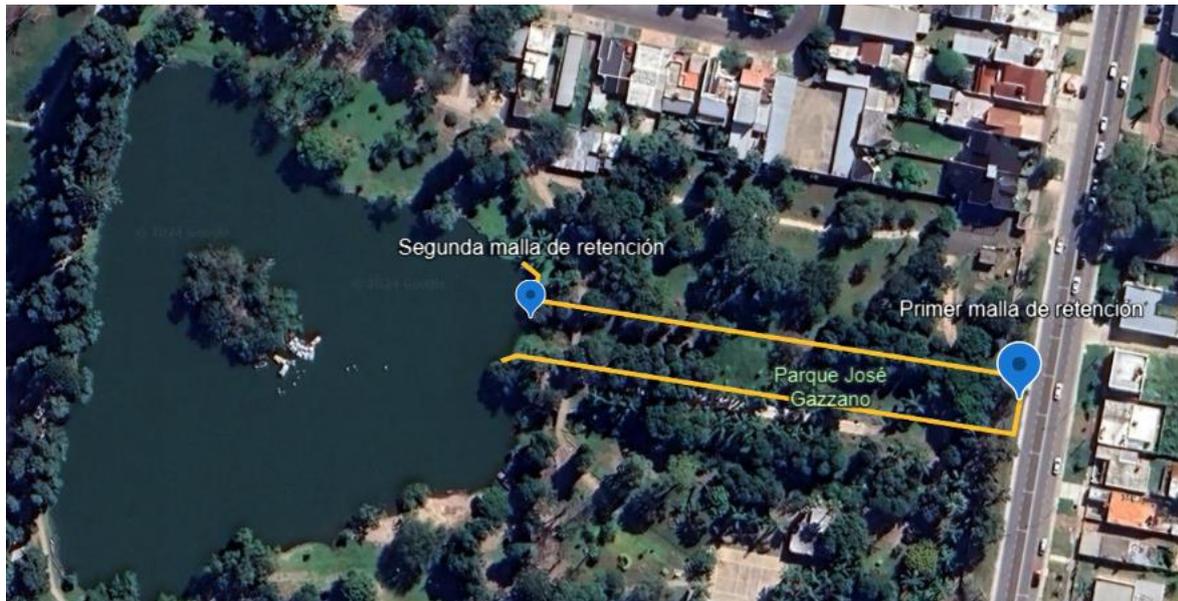


FIGURA 27. UBICACIÓN DE LAS MALLAS DE RETENCIÓN DE RESIDUOS Y ZONA DE HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL LAGO DEL PARQUE GAZZANO. LAS MALLAS SE SEÑALAN CON ÍCONOS COLOR AZUL.

Por otra parte se prevé un adecuado manejo de las especies flotantes presentes actualmente en el lago (*Eichornia crassipes*) (Figura 28), con el fin de potenciar su capacidad como depuradora, ya que, el contacto de las raíces de estas especies y el agua es total, por lo que presentan una gran superficie para la absorción de nitrógeno y fósforo; además de generar un aporte importante al proceso de oxigenación (Rodriguez *et al.*, 2022).



FIGURA 28. VEGETACIÓN ACTUAL DEL LAGO. FLOTANDO EN EL LAGO JACINTOS DE AGUA (*EICHORNIA CRASSIPES*). EN LA ORILLA, LIRIOS (*IRIS PSEUDOCORUS*).

8.2.4 Manejo de la oxigenación del cuerpo de agua

Por la escasa oxigenación del agua será necesario mejorar dichas las condiciones para favorecer la vida acuática y la salud ambiental del lago. Para ello se propone la incorporación de un equipo de aireación hipolimnética o de mezcla vertical de la columna de agua. En sistemas acuáticos poco profundos, como el lago Parque Gazzano, mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto es esencial para limitar la liberación de P. El 30% del PT se encuentra adsorbido por el Fe en los sedimentos, en condiciones de oxigenación (Palau Ibars, 2003; Pereyra *et al.*, 2023). La liberación del P del Fe se favorece en condiciones anóxicas (falta de oxígeno), y contribuye a incrementar el proceso de eutrofización y la degradación de la calidad del agua.

Será necesario previamente realizar un ensayo para obtener datos de la estratificación del lago para seleccionar el tipo de aireador, y establecer su frecuencia de funcionamiento y la correcta ubicación.

Respecto al tiempo de aireación, debido a la escasa oxigenación detectada en el lago en estaciones estivales, en las mismas será necesario intensificar el proceso de oxigenación, ya sea con periodos de funcionamiento del equipo más prolongados o con una mayor frecuencia.

8.2.5 Creación de un programa de Educación ambiental para el cuidado del Parque Gazzano y monitoreos participativos.

Además de las medidas de tratamiento es importante que dentro de la gestión de calidad de agua del lago se elabore e incorpore un programa de Educación Ambiental, donde se enseñen nociones básicas y se inculquen comportamientos que ayuden a que el estado trófico del cuerpo de agua no vaya en detrimento así como también el cuidado en general de este tipo de espacios naturales.

El programa propuesto deberá ser ejecutado desde el municipio, que trabajará articuladamente con los diferentes actores vinculados al uso y cuidado del parque. En este sentido se deberán involucrar el comité de cuenca y el grupo de Amigos del Parque Gazzano, además de entidades académicas y gubernamentales.

Además, este programa deberá incluir un espacio de monitoreos frecuentes de carácter participativo, los cuales involucran como observadores a los ciudadanos comunes, dirigidos por personal idóneo en la temática. De esta manera, estas actividades se convierten en una valiosa herramienta ya que además de aportar en la evaluación del estado del lago generan sensibilización social y aportan a la educación en temáticas ambientales.

8.2.6 Creación de Proyectos de Investigación relacionados a la ecología urbana.

Con el objetivo de llevar a cabo una gestión más integral del espacio verde, se propone impulsar el desarrollo de proyectos de investigación en ecología urbana que incluyan la participación de investigadores de las unidades académicas locales, en articulación con los actores sociales del municipio y la ciudad. Esta iniciativa busca mejorar la calidad ambiental y promover la sostenibilidad urbana. Tener un conocimiento acabado sobre los factores ambientales y el estado de eutrofización y su monitoreo permanente permitirá el desarrollo de un sistema de alertas de eutrofización y cianobacterias nocivas.

8.3 Actores sociales involucrados en la los lineamientos de Gestión del Lago del Parque Gazzano.

Para realizar un correcto Plan de Gestión, que sea sustentable en el tiempo, éste debe ser abordado desde diversas áreas. Es necesario el trabajo coordinado de los actores involucrados con el cuidado del medio ambiente local (Tabla 10).

TABLA 11. ACTORES SOCIALES VINCULADOS LOS LINEAMIENTOS PROPUESTOS.

Lineamiento propuesto	Actores involucrados
Control de la carga externa	Personal municipal; personas de la comunidad; escuelas; visitantes del parque; comité de cuencas del arroyo Antoñico, Amigos del arroyo Antoñico, sector privado, entidades académicas.
Control de la carga interna	Personal municipal; comité de cuencas del arroyo Antoñico, Amigos del arroyo Antoñico, entidades académicas.
Manejo de la Oxigenación del cuerpo de agua	Personal municipal; comité de cuencas del arroyo Antoñico; Empresa privada de venta de equipos de oxigenación.
Creación de un programa de Educación ambiental para el cuidado del Parque Gazzano y monitoreos participativos.	Personal municipal; comité de cuencas del arroyo Antoñico; Voluntariado “Amigos del Parque Gazzano”, escuelas, entidades académicas, clubes zonales, visitantes del parque; sector privado; ciudadanos.
Comité de Cuenca	Personal municipal; comité de cuencas del arroyo Antoñico; Voluntariado “Amigos del Parque Gazzano”, escuelas, entidades académicas, clubes zonales, vecinos.
Proyectos de Investigación relacionados a la ecología urbana.	Investigadores de instituciones académicas, becarios de grado y/o posgrado. Estudiantes de carreras de grado.

9. Conclusiones

El Parque Gazzano es un área de enorme concurrencia en la ciudad capital de Entre Ríos, es por ello que la conservación del mismo y su salud ambiental es de importancia social. La misma se pone en evidencia al indagar en medios periodísticos y redes sociales donde se muestran las diversas actividades socioculturales que en él se realizan, las cuales fueron descriptas en el inciso 2 de este documento.

En el lago Parque Gazzano, la disponibilidad de nutrientes ($P-PO_4^{3-}$ y NO_3^{1-}) promueve altos valores de Cl_a , indicador del tamaño de la biomasa algal. La mayor concentración de nutrientes disponibles se presenta en la época de mayor temperatura lo que determina altos estados tróficos de acuerdo a Carlson (1977) y Carlson modificado por Aizaki *et al.* (1981).

El índice que mejor refleja dinámicamente el grado de eutrofia en el lago del Parque Gazzano es el de Carlson modificado por Aizaki *et al.* (1981), considera las partículas en suspensión que afectan la transparencia y además del crecimiento de la comunidad algal.

Respecto de los lineamientos de gestión propuestos, no existen normativas locales en relación al uso del agua para recreación. Debido a los niveles de eutrofización y los altos valores de CT registrados el agua no es apta para este uso según ordenanzas de otras localidades (Normativa de balneabilidad de Posadas, 2013).

Conforme a los resultados obtenidos, el estrado de eutrofización del lago requiere de la participación directa del Gobierno Municipal para que se tomen acciones tendientes a su remediación y puesta en valor. Su importancia radica en la función social del Parque por su ubicación urbana y cantidad de visitantes.

10. Anexos

Anexo 1: Comparación de Índices de Eutrofización

	Carlson (1977)	Carlson modificado por Aizaki et al. (1981)	OCDE (1982)
Formula	Basado en el promedio de tres índices calculados a partir de la transformación logarítmica de parámetros físico químicos y biológicos	Basado en el promedio de tres índices calculados a partir de la transformación logarítmica de parámetros físico químicos y biológicos	Se basa en valores promedios y máximos de algunos parámetros físico químicos y biológicos
Parámetros que utiliza	Valores medios de Fósforo Total Transparencia al Disco de Secchi Contenido de Clorofila a	Valores medios de Fósforo Total Transparencia al Disco de Secchi Contenido de Clorofila a	Valores medios anuales de concentraciones de fósforo total, clorofila-a y transparencia del agua medida por el disco de Secchi
Estados Troficos	Ultraoligotrófico Oligotrófico Mesotrófico Eutrófico Hipertrofico	OLIGOTRÓFICO MESOTRÓFICO EUTRÓFICO HIPEREUTRÓFICO	Ultraoligotrófico Oligotrófico Mesotrófico Eutrófico Hipertrofico
Criterios para definir estados tróficos	Escala de 0-100 < 30 Ultraoligotrófico 30-40 Oligotrófico 40-50 Mesotrófico 50-70 Eutrófico >70 Hipertrofico	Escala de 0-100 Oligotrófico < 30 Mesotrófico > 30 - < 60 Eutrófico > 60 - < 90 Hipereutrófico > 90	Valores máximos y medio de los parámetros PT, CLa y TDS diferenciando: Ultraoligotrófico Oligotrófico Mesotrófico Eutrófico Hipertrofico
Limitantes	Este índice utiliza para la división entre cada estado trófico la concentración de la biomasa de algas. Considera que si se duplica dicha concentración se reduce a la mitad la transparencia, lo que conduce a un nuevo estado trófico. Este índice señala que en <i>caso de lagos donde existe material no algal en suspensión éstos podrían conducir</i> a valores erróneos. Por otra parte, considera al fósforo como el nutriente limitante para el crecimiento del fitoplancton.	Es más limitado que Carlson (1977) en la cantidad de estados tróficos.	Se aplica de manera anual, por lo que permite ver un estado general del lago pero no la dinámica temporal.
Ventajas	Fácil cálculo Tiene un clasificación amplia. Permite evaluar el estado trófico del lago de manera dinámica.	Esta elaborado considerando que la transparencia está parcialmente influenciada por factores que son independientes de la biomasa de algas, por lo	Utiliza variables de manera directa. Presenta una amplia difusión y es aceptado por la comunidad internacional como estándar. Muchos países utilizan este criterio para

		que considera el material en suspensión. Fácil cálculo. Permite evaluar el estado trófico del lago de manera dinámica.	determinar la calidad de cuerpos de agua superficial
--	--	--	--

Anexo 2 : Registro mensual de variables climáticas para la estación Experimental Agropecuaria en Paraná de INTA: precipitaciones, temperatura del aire.

Febrero 2019 Informe meteorológico mensual

DIA	TEMPERATURA DEL AIRE					HUMEDAD RELATIVA media	LLUVIA	ETP	HELIOFANIA Efectiva	RADIACION Global	VIENTO Velocidad media
	En abrigo meteorológico (1,50 m)			Sin abrigo meteorológico							
	Máx.	Mín.	Media	Mín. 0,05 m	Mín. 0,50 m						
1	29,7	20,8	25,3	18,9	20,0	83		3,3	1,5	14,8	3,1
2	30,2	20,8	25,5	18,2	20,3	75		6,1	11,2	27,7	7,5
3	26,2	13,9	20,1	11,4	13,2	63		5,7	11,7	30,5	6,0
4	28,7	15,9	22,3	13,7	15,4	67		5,7	10,9	28,4	6,6
5	27,9	16,0	22,0	13,0	14,0	60		5,3	11,6	24,6	6,4
6	30,4	17,9	24,2	14,8	16,3	61		6,1	12,0	28,5	6,6
7	32,4	18,9	25,7	16,0	17,2	64		6,4	11,8	29,4	6,4
8	34,6	21,5	28,1	18,0	19,2	61		6,6	11,4	28,5	5,5
9	33,5	23,7	28,6	20,3	22,3	71		4,4	6,0	19,4	2,8
10	32,9	23,6	28,3	18,6	20,5	79		6,2	10,6	27,6	6,8
11	27,7	19,5	23,6	18,8	19,5	79	26,4	4,1	7,5	17,8	11,2
12	21,9	12,9	17,4	10,2	11,5	70		5,0	11,8	28,8	8,8
13	25,6	11,9	18,8	9,1	10,5	63		5,2	10,9	27,8	5,9
14	26,2	15,8	21,0	14,6	15,6	74	0,8	3,8	5,1	18,8	4,3
15	28,1	15,0	21,6	13,2	14,2	76		5,0	11,7	24,9	6,3
16	30,7	18,0	24,4	15,0	16,9	68		5,8	11,9	26,9	6,4
17	32,6	20,5	26,6	17,8	19,1	68		5,7	11,5	25,4	6,3
18	33,4	21,1	27,3	18,6	19,2	67		5,9	11,7	27,4	4,6
19	34,8	22,3	28,6	18,0	20,2	65		5,9	11,5	27,2	3,7
20	34,9	23,2	29,1	18,3	20,3	63		6,8	11,3	27,3	7,8
21	35,2	23,7	29,5	21,1	22,3	67		6,8	10,9	27,0	9,3
22	36,2	23,1	29,7	21,5	22,7	66		6,7	11,8	26,4	8,6
23	30,6	21,8	26,2	21,1	22,0	87	29,9	2,9	4,1	11,3	8,1

24	26,2	18,3	22,3	17,3	17,9	85	73,3	3,2	5,5	15,8	3,9
25	25,2	16,8	21,0	15,6	17,4	84	4,0	3,0	4,2	13,6	4,7
26	22,1	13,1	17,6	10,2	11,3	56		5,0	11,0	28,0	7,2
27	26,2	12,6	19,4	7,5	9,8	51		5,0	11,0	27,0	4,5
28	30,4	16,3	23,4	12,3	13,4	66		5,4	10,9	26,5	5,5
SUMA							134,4	147,0	273,0	688	
PROMEDIO	29,8	18,5	24,2	15,8	17,2	69,3	26,9	5,3	9,8	24,6	6,2

Marzo 2019 Informe meteorológico mensual

DIA	TEMPERATURA DEL AIRE					HUMEDAD RELATIVA media	LLUVIA A(0-24 h)	ETP	HELIOFANIA Efectiva	RADIACION Global	VIENTO Velocidad media
	En abrigo meteorológico (1,50 m)			Sin abrigo meteorológico							
	Máx.	Mín.	Media	Mín. 0,05 m	Mín. 0,50 m						
1	30,7	18,4	24,6	14,7	15,9	61		5,8	9,8	25,2	7,9
2	27,6	18,3	23,0	16,0	16,9	69		5,3	10,7	25,0	8,7
3	32,3	16,9	24,6	15,2	16,4	65		5,8	10,7	25,1	8,6
4	27,3	17,2	22,3	16,9	17,4	90	62,1	2,9	2,6	11,3	8,2
5	26,9	18,1	22,5	16,4	17,4	85	5,3	2,9	4,6	14,7	3,3
6	31,1	19,7	25,4	16,0	17,7	77		5,1	11,0	25,0	5,4
7	32,2	23,0	27,6	20,1	21,3	84		4,7	9,2	20,9	8,5
8	26,4	17,6	22,0	18,0	19,0	83	66,9	2,8	3,7	---	7,3
9	22,2	12,5	17,4	10,7	12,0	76		3,7	10,2	21,3	7,1
10	24,2	13,5	18,9	11,5	12,6	74		3,9	6,9	20,0	7,1
11	20,8	15,3	18,1	13,9	15,2	83		1,8	0,7	7,8	4,9
12	24,8	13,5	19,2	11,6	12,9	82		3,9	8,8	22,6	5,0
13	24,7	14,5	19,6	11,5	12,9	78		3,9	10,1	23,1	4,1
14	28,1	15,5	21,8	10,5	12,7	69		4,4	9,3	23,1	5,3
15	28,4	15,6	22,0	13,7	14,9	77		4,0	7,2	20,0	4,8
16	26,3	18,5	22,4	15,6	17,5	81	0,2	2,9	3,3	13,4	4,6
17	26,0	18,3	22,2	16,4	17,7	90	23,3	2,3	0,7	10,2	5,1
18	28,1	17,7	22,9	13,9	16,4	79		4,2	9,0	22,8	4,7
19	27,6	14,0	20,8	14,3	17,7	78	0,2	3,3	3,9	12,1	9,6

20	21,7	10,6	16,2	9,1	10,3	77		3,1	8,6	18,6	5,6
21	21,7	11,0	16,4	6,9	8,7	60		3,8	9,0	22,4	5,9
22	24,8	11,5	18,2	9,5	10,7	64		3,5	4,9	18,5	4,6
23	27,1	13,8	20,5	11,3	12,4	66		4,2	10,0	23,2	4,9
24	24,2	14,0	19,1	12,9	13,6	65		4,2	10,1	23,0	6,6
25	21,5	11,7	16,6	8,6	10,4	72		3,4	8,8	22,4	5,2
26	23,2	10,3	16,8	7,9	9,4	69		3,5	8,7	19,7	6,1
27	24,8	12,4	18,6	10,9	11,9	64		4,3	10,1	22,4	8,4
28	26,4	13,5	20,0	11,9	13,2	67		3,8	4,9	18,1	7,2
29	28,7	17,4	23,1	15,9	16,9	73		3,6	7,9	18,9	4,4
30	27,3	21,8	24,6	19,6	20,9	84		2,4	2,2	9,0	7,4
31	31,6	20,6	26,1	19,5	20,4	76		4,1	8,1	18,7	6,3
SUMA								158,0	117,4	225,7	579
PROMEDIO	26,4	15,7	21,1	13,6	14,9	74,7		26,3	3,8	7,3	19,3

Abril 2019 Informe meteorológico mensual

DIA	TEMPERATURA DEL AIRE					HUMEDAD RELATIVA media	LLUVIA (0-24 h)	ETP	HELIOFANIA Efectiva	RADIACION Global	VIENTO Velocidad media
	En abrigo meteorológico (1,50 m)			Sin abrigo meteorológico							
	Máx.	Mín.	Media	Mín. 0,05 m	Mín. 0,50 m						
1	27,9	21,7	24,8	19,6	20,7	90		1,9	0,0	7,6	3,4
2	31,8	19,8	25,8	17,6	18,9	81		3,8	9,1	19,5	3,3
3	31,4	19,3	25,4	18,1	19,4	83		4,1	7,6	18,0	8,1
4	30,5	16,6	23,6	18,4	19,6	74	1,5	3,8	8,0	15,6	7,0
5	20,9	10,3	15,6	7,6	9,2	72		3,1	7,9	19,0	6,1
6	22,7	11,9	17,3	8,3	10,4	66		2,7	5,6	15,7	3,0
7	25,4	11,9	18,7	5,0	8,4	66		3,2	9,5	21,0	2,4
8	26,9	12,5	19,7	4,6	9,8	68		3,5	9,4	20,9	3,8
9	27,1	15,8	21,5	8,7	12,9	68		3,9	9,4	20,5	5,6
10	28,2	17,2	22,7	13,6	15,3	69		3,4	5,5	15,1	7,2
11	23,0	14,6	18,8	12,9	14,0	78		2,4	3,8	11,6	6,0
12	25,1	11,2	18,2	6,9	8,8	71		3,2	9,1	20,0	4,1
13	26,2	12,6	19,4	8,3	10,2	68		3,4	9,4	19,6	4,6

14	30,9	16,8	23,9	13,3	14,9	63		3,7	7,4	16,0	5,5
15	24,0	14,7	19,4	16,9	17,7	81	21,4	2,0	2,5	5,2	8,6
16	24,1	10,3	17,2	8,0	9,4	75		3,1	9,1	19,4	5,0
17	24,7	13,0	18,9	7,5	9,7	79		2,7	8,1	16,2	4,6
18	26,8	14,6	20,7	11,7	13,0	75		3,0	8,3	18,1	4,2
19	27,5	19,2	23,4	16,9	17,9	75		1,9	0,7	7,6	3,0
20	25,5	17,8	21,7	18,5	19,8	73		2,6	0,5	8,3	6,0
21	20,6	12,6	16,6	10,6	11,9	69		2,1	3,0	10,3	5,3
22	16,3	12,3	14,3	11,3	12,2	81	2,8	1,0	0,0	2,5	3,2
23	19,2	11,8	15,5	9,5	11,2	84	2,1	1,4	3,1	7,4	3,5
24	16,7	11,6	14,2	9,5	10,8	94	25,8	0,8	0,0	2,3	7,5
25	18,6	16,3	17,5	15,9	16,6	97	13,2	0,7	0,0	2,9	8,3
26	20,4	16,8	18,6	16,2	16,8	94	2,3	1,2	0,0	6,6	9,2
27	18,9	15,3	17,1	14,5	15,3	89		1,3	0,2	6,1	4,2
28	21,9	11,6	16,8	6,6	8,5	84		2,1	9,0	15,1	3,1
29	23,8	11,8	17,8	6,2	8,9	83		2,3	8,5	14,0	4,6
30	21,7	11,6	16,7	9,5	10,8	59		2,8	7,7	15,6	6,2
SUMA							69,1	76,9	162,4	397,8	
PROMEDIO	24,3	14,5	19,4	11,7	13,4	76,9		2,6	5,4	13,3	5,2

Mayo 2019 Informe meteorológico mensual

DIA	TEMPERATURA DEL AIRE					HUMEDAD RELATIVA media	LLUVIA A(0-24 h)	ETP	HELIOFANIA Efectiva	RADIACION Global	VIENTO Velocidad media
	En abrigo meteorológico (1,50 m)			Sin abrigo meteorológico							
	Máx.	Mín.	Media	Mín. 0,05 m	Mín. 0,50 m						
1	23,1	10,0	16,6	7,5	9,2	64		2,6	9,3	16,1	4,9
2	25,1	14,5	19,8	11,7	13,0	78		2,5	4,8	13,8	6,1
3	24,0	18,0	21,0	15,7	16,8	85		1,4	0,0	4,8	6,3
4	25,3	19,0	22,2	17,4	18,4	88		1,5	0,5	6,6	4,5
5	22,6	18,9	20,8	20,0	20,2	99	84,2	0,5	0,0	2,2	11,4
6	23,2	16,0	19,6	15,0	16,1	81		2,3	6,2	12,8	6,1
7	20,0	12,0	16,0	10,5	11,6	80		1,9	1,3	7,7	8,7
8	20,6	13,6	17,1	12,7	13,4	84	3,4	1,7	0,7	7,6	7,7

9	20,4	15,9	18,2	14,7	15,5	94	0,8	0,7	0,0	2,9	9,4
10	20,0	12,7	16,4	13,7	14,4	79		2,3	7,3	13,5	8,4
11	19,7	8,0	13,9	4,3	5,9	71		1,9	9,0	15,8	3,2
12	21,4	9,7	15,6	21,1	5,9	69		1,9	8,6	14,5	2,8
13	22,3	9,3	15,8	2,7	5,3	66		2,3	9,4	14,8	5,0
14	21,1	10,4	15,8	7,4	9,9	71		2,2	8,3	14,7	6,2
15	20,6	9,0	14,8	6,9	8,3	76		2,1	8,9	13,9	6,7
16	22,4	11,8	17,1	9,8	10,8	83		2,3	8,1	14,0	8,4
17	23,8	14,9	19,4	13,3	14,4	84		2,2	8,0	13,1	8,7
18	24,5	16,0	20,3	14,5	15,6	88		1,8	3,4	7,4	6,4
19	17,6	14,4	16,0	12,1	13,6	94		0,8	0,0	3,7	5,1
20	16,4	14,7	15,6	13,3	14,4	96	3,3	0,5	0,0	2,1	7,4
21	17,1	13,7	15,4	11,2	11,9	92		1,1	1,3	5,2	9,9
22	16,5	11,4	14,0	10,5	11,4	90		1,1	1,2	5,8	7,4
23	16,9	9,5	13,2	5,2	6,6	78		1,4	7,7	13,3	2,7
24	18,6	6,9	12,8	-1,0	2,6	79		1,6	7,9	13,5	3,9
25	18,2	9,7	14,0	5,0	7,0	86		1,5	3,4	9,9	7,1
26	19,6	12,8	16,2	10,3	11,4	88		1,2	2,1	7,4	4,1
27	16,0	10,4	13,2	6,7	9,2	95		0,7	0,0	3,4	3,2
28	19,0	11,3	15,2	7,7	9,6	91	0,2	1,3	4,6	9,8	3,8
29	18,5	11,8	15,2	8,9	10,5	81		1,4	1,4	6,6	7,6
30	16,6	12,7	14,7	10,6	11,4	78		1,1	0,0	4,2	5,1
31	18,2	9,6	13,9	8,3	9,4	83		1,2	5,5	9,7	2,7
SUMA							91,9	49,0	128,9	291	
PROMEDIO	20,3	12,5	16,4	10,6	11,4	82,9		1,6	4,2	9,4	6,2

Junio 2019 Informe meteorológico mensual

DIA	TEMPERATURA DEL AIRE					HUMEDAD RELATIVA media	LLUVI A(0-24 h)	ETP	HELIOFANIA Efectiva	RADIACION Global	VIENTO Velocidad media
	En abrigo meteorológico (1,50 m)			Sin abrigo meteorológico							
	Máx.	Mín.	Media	Mín. 0,05 m	Mín. 0,50 m						
1	16,2	12,7	14,5	9,4	10,9	94	3,5	0,7	0,1	4,2	3,1
2	20,2	9,8	15,0	6,0	7,9	89		1,2	5,6	9,8	1,8

3	21,4	10,8	16,1	5,7	8,8	80		1,6	7,2	12,2	4,6
4	20,0	10,1	15,1	4,6	8,5	80		2,0	7,4	12,8	11,2
5	20,7	12,2	16,5	9,4	10,6	80		2,2	5,9	11,6	11,5
6	22,6	14,5	18,6	11,8	13,3	76		2,2	7,0	11,9	9,1
7	19,6	14,3	17,0	12,6	13,7	73		2,0	6,3	12,1	6,4
8	19,6	6,2	12,9	0,1	2,2	68		1,7	7,9	12,9	4,3
9	19,2	8,9	14,1	3,8	5,7	81		1,3	3,8	6,9	5,2
10	18,9	13,8	16,4	7,7	11,9	94		0,7	0,0	3,0	5,1
11	22,7	16,8	19,8	15,5	16,4	86		1,7	4,3	7,9	7,8
12	22,3	18,5	20,4	15,1	17,6	91		1,2	2,6	5,6	5,0
13	22,5	18,5	20,5	17,5	18,5	96	6,5	0,9	0,4	4,0	8,1
14	21,2	13,0	17,1	13,5	14,1	91		1,2	0,8	5,6	9,6
15	14,2	12,6	13,4	12,0	12,7	99	29,8	0,3	0,0	1,3	10,2
16	13,9	11,0	12,5	10,5	11,3	99	11,4	0,3	0,0	1,8	1,9
17	11,8	10,6	11,2	9,7	10,4	97	9,8	0,3	0,0	1,5	1,5
18	16,2	9,7	13,0	8,6	9,3	81	2,4	1,3	5,7	11,7	3,9
19	17,4	7,7	12,6	2,0	4,5	66		1,3	7,5	12,5	3,2
20	18,1	6,8	12,5	-0,5	2,6	73		1,7	5,8	10,9	6,2
21	20,4	8,6	14,5	6,9	8,0	80		1,3	0,7	7,6	4,3
22	25,3	15,7	20,5	13,0	14,0	84		1,6	4,8	9,3	5,1
23	27,3	18,6	23,0	16,4	17,6	80		2,3	7,1	11,2	7,4
24	23,3	16,3	19,8	15,1	16,3	90		1,8	2,1	8,1	16,0
25	17,0	6,6	11,8	8,1	9,2	54		2,3	5,5	11,0	8,7
26	15,0	2,3	8,7	-4,0	-1,0	59		2,3	6,7	12,5	8,9
27	16,9	7,5	12,2	4,3	5,9	59		2,0	7,5	12,5	8,5
28	17,5	9,8	13,7	7,9	9,5	91		0,8	0,0	2,8	4,9
29	15,6	12,5	14,1	9,7	10,8	94		0,8	0,0	2,8	11,9
30	13,0	6,9	10,0	6,3	7,6	84		1,2	3,7	8,7	7,0
SUMA							63,4	42,2	116,4	246,6	
PROMEDIO	19,0	11,4	15,2	8,6	10,3	82,3		1,4	3,9	8,2	6,7

Julio 2019 Informe meteorológico mensual

DIA	TEMPERATURA DEL AIRE					HUMEDAD RELATIVA media	LLUVIA (0-24 h)	ETP	HELIOFANIA Efectiva	RADIACION Global	VIENTO Velocidad media
	En abrigo meteorológico (1,50 m)			Sin abrigo meteorológico							
	Máx.	Mín.	Media	Mín. 0,05 m	Mín. 0,50 m						
1	13,8	2,6	8,2	-3,1	-1,4	73		1,5	7,6	12,6	5,6
2	15,9	5,5	10,7	0,5	2,6	76		1,3	7,5	12,4	4,4
3	13,6	1,9	7,8	-2,7	-1,1	59		1,5	7,7	12,6	4,2
4	12,1	3,7	7,9	2,2	0,9	70		1,2	2,0	6,8	4,6
5	10,2	-1,6	4,3	-7,1	-5,4	66		1,3	7,8	13,2	4,8
6	12,3	0,1	6,2	-7,4	-3,2	64		1,3	7,9	12,9	4,7
7	13,9	2,5	8,2	-1,3	1,0	65		1,8	5,5	11,9	7,6
8	16,6	4,9	10,8	1,7	3,2	59		2,0	6,8	11,9	7,0
9	22,2	10,2	16,2	7,7	9,2	62		1,9	4,7	10,0	5,0
10	22,8	13,4	18,1	10,5	12,0	70		1,8	6,0	9,0	4,7
11	23,7	14,0	18,9	12,4	13,5	71		1,9	2,2	6,7	6,7
12	21,6	11,8	16,7	11,2	12,0	92		1,2	0,0	4,1	8,2
13	15,0	7,4	11,2	4,0	5,4	87		1,1	2,9	7,4	4,8
14	17,9	4,0	11,0	1,2	2,7	78		1,4	6,9	11,1	3,4
15	17,9	6,9	12,4	0,0	3,6	66		1,7	7,5	12,7	4,8
16	17,5	6,0	11,8	0,9	2,7	67		2,1	8,6	13,4	7,6
17	18,1	6,7	12,4	4,2	5,5	64		2,4	8,2	13,2	9,1
18	20,1	9,5	14,8	7,0	7,3	76		1,6	6,1	9,6	5,4
19	21,4	7,2	14,3	4,3	5,5	85		1,6	5,9	11,7	4,7
20	23,4	13,9	18,7	9,4	11,4	82		2,2	6,2	10,2	13,9
21	26,0	17,4	21,7	17,6	19,4	69		2,9	0,3	6,9	14,7
22	15,2	9,9	12,6	10,1	11,9	54	0,3	2,5	0,2	6,7	11,4
23	12,8	7,1	10,0	4,3	5,5	73	0,5	1,5	0,0	1,9	15,6
24	11,3	6,8	9,1	5,0	6,2	79	0,3	1,1	0,0	3,3	7,3
25	10,0	6,3	8,2	5,6	6,5	98	40,2	0,5	0,0	2,3	9,7
26	11,7	8,7	10,2	8,2	8,9	97	0,4	0,6	0,0	3,4	4,7
27	16,9	6,0	11,5	-1,4	2,6	85		1,6	9,0	13,8	4,8
28	12,6	9,1	10,9	5,9	7,2	87	0,4	0,8	0,1	3,7	4,4

29	14,3	7,3	10,8	7,7	9,0	86		1,0	0,9	7,5	2,0
30	18,0	5,9	12,0	-0,8	2,9	84		1,5	8,4	13,7	3,7
31	22,3	10,7	16,5	6,0	9,3	81		2,3	7,4	13,6	9,7
SUMA							42,1	49,1	144,3	290	
PROMEDIO	16,8	7,3	12,0	4,0	5,7	75,1		1,6	4,7	9,4	6,7

Agosto 2019 Informe meteorológico mensual

DIA	TEMPERATURA DEL AIRE					HUMEDAD RELATIVA media	LLUVIA A(0-24 h)	ETP	HELIOFANIA Efectiva	RADIACION Global	VIENTO Velocidad media
	En abrigo meteorológico (1,50 m)			Sin abrigo meteorológico							
	Máx.	Mín.	Media	Mín. 0,05 m	Mín. 0,50 m						
1	17,3	7,3	12,3	10,4	11,6	56		2,6	4,4	7,8	9,6
2	15,8	3,1	9,5	-1,5	1,6	58		1,8	9,8	15,6	3,8
3	17,4	2,4	9,9	-3,6	-0,8	58		1,7	9,5	15,6	2,8
4	17,4	5,3	11,4	-2,5	1,7	58		2,7	9,5	15,9	9,2
5	19,0	8,0	13,5	4,8	6,4	55		3,9	9,6	16,2	13,8
6	23,9	12,6	18,3	9,4	11,3	60		3,3	9,5	15,8	7,1
7	18,8	11,3	15,1	6,8	8,7	75		2,3	6,7	12,8	12,5
8	14,0	10,0	12,0	9,7	10,2	73		1,5	0,0	1,7	14,3
9	11,2	6,4	8,8	6,8	7,5	93	6,1	0,7	0,0	2,8	9,4
10	15,8	3,2	9,5	-2,8	0,7	76		2,0	9,5	16,5	5,8
11	18,3	6,0	12,2	1,3	3,3	75		2,1	9,6	16,1	5,4
12	17,1	7,2	12,2	4,2	5,7	73		2,6	8,1	16,0	9,2
13	11,6	1,1	6,4	-2,6	-0,9	68		2,1	9,7	17,5	6,7
14	12,7	0,0	6,4	-3,3	-1,1	62		2,3	9,3	17,5	8,6
15	17,2	3,8	10,5	1,3	2,5	67		2,1	5,1	14,5	5,7
16	25,2	10,0	17,6	5,7	7,6	71		2,6	7,3	13,7	5,4
17	22,7	12,8	17,8	11,4	13,4	77		2,8	8,7	14,7	7,3
18	16,5	5,1	10,8	0,5	2,2	80		2,2	8,0	15,8	7,5
19	13,5	3,7	8,6	1,2	2,7	66		2,1	9,0	17,1	5,6
20	15,6	2,6	9,1	-0,6	1,4	67		2,3	9,9	17,7	6,6
21	18,3	3,0	10,7	1,0	2,2	64		3,0	9,8	17,9	9,3

22	18,7	8,7	13,7	6,6	8,1	59		2,6	5,9	13,2	4,9
23	20,1	6,8	13,5	0,2	3,2	58		3,1	5,3	16,4	8,0
24	21,4	8,8	15,1	6,2	7,6	59		3,7	6,0	16,7	10,8
25	21,7	11,9	16,8	9,4	10,9	70	13,3	2,5	0,6	9,6	9,0
26	23,2	14,1	18,7	12,0	13,2	85		2,4	7,2	13,8	7,4
27	26,5	15,5	21,0	13,5	14,6	77		3,8	8,7	17,3	10,6
28	29,2	16,2	22,7	13,9	15,0	68		4,2	7,0	15,8	12,9
29	25,6	16,2	20,9	18,3	19,7	63		4,7	8,9	17,2	11,9
30	17,3	9,5	13,4	10,2	11,2	75	3,3	2,2	5,0	10,2	6,2
31	19,5	4,7	12,1	0,5	2,2	57		2,7	9,2	19,9	3,5
SUMA							22,7	80,6	226,8	449	
PROMEDIO	18,8	7,7	13,2	4,8	6,6	67,7		2,6	7,3	14,5	8,1

Septiembre 2019 Informe meteorológico mensual

DIA	TEMPERATURA DEL AIRE					HUMEDAD RELATIVA media	LLUVIA A(0-24 h)	ETP	HELIOFANIA Efectiva	RADIACION Global	VIENTO Velocidad media
	En abrigo meteorológico (1,50 m)			Sin abrigo meteorológico							
	Máx.	Mín.	Media	Mín. 0,05 m	Mín. 0,50 m						
1	18,6	8,2	13,4	1,4	5,7	53		3,4	8,5	19,2	8,4
2	18,9	7,1	13,0	4,9	6,3	59		2,9	5,9	13,9	7,8
3	13,4	-0,2	6,6	-2,9	-1,2	61		2,2	9,0	19,6	3,1
4	15,9	3,4	9,7	-2,6	-1,8	43		3,4	9,4	20,5	8,4
5	14,1	5,4	9,8	3,2	5,2	56		2,8	4,3	15,3	9,1
6	17,1	5,5	11,3	3,4	4,5	75		2,0	2,6	11,6	6,2
7	20,2	10,7	15,5	9,2	10,3	84		2,3	4,2	13,8	5,8
8	19,3	9,0	14,2	6,2	7,4	83		2,2	4,7	12,9	6,0
9	16,4	12,3	14,4	10,8	12,2	97	57,0	1,0	0,3	5,5	12,0
10	17,4	11,5	14,5	10,5	11,4	89		1,7	4,0	11,5	2,0
11	18,1	8,1	13,1	6,2	7,4	88		2,1	5,6	14,4	10,0
12	16,9	7,4	12,2	3,9	5,6	64		3,1	9,3	22,2	5,0
13	19,9	7,8	13,9	1,1	4,0	55		3,9	10,3	22,2	8,2
14	22,4	12,8	17,6	8,3	9,6	68		3,8	9,3	20,7	8,0
15	29,3	13,3	21,3	10,8	12,4	72		4,8	9,0	19,4	12,5

16	22,1	11,2	16,7	12,4	13,8	67		3,3	6,3	16,5	7,6
17	21,9	7,9	14,9	5,9	6,8	54		3,2	9,2	21,3	3,4
18	24,6	9,8	17,2	2,3	6,2	50		4,7	9,9	22,6	8,8
19	19,5	5,6	12,6	9,2	11,0	55		3,9	7,3	18,9	10,6
20	19,2	3,5	11,4	-2,5	0,2	44		3,1	10,1	23,4	2,8
21	22,8	7,9	15,4	-1,0	3,2	46		4,0	10,1	24,0	5,0
22	23,4	7,8	15,6	2,2	5,4	50		5,0	9,1	23,7	11,8
23	23,6	7,9	15,8	6,0	7,4	52		4,6	7,9	22,2	8,9
24	27,0	10,5	18,8	7,3	8,9	44		4,4	10,0	24,1	4,4
25	28,3	14,3	21,3	7,3	9,9	36		4,0	10,0	23,7	2,6
26	29,6	14,3	22,0	5,2	11,0	41		5,9	10,0	23,4	8,8
27	27,3	13,7	20,5	11,6	12,8	52		6,0	8,7	22,9	14,0
28	28,1	11,5	19,8	9,6	10,9	58		5,5	10,0	23,0	8,8
29	31,7	17,5	24,6	14,4	15,9	49		7,3	10,1	23,0	14,5
30	35,6	21,5	28,6	18,6	20,8	50		6,9	8,1	19,7	14,3
SUMA							57,0	113,4	233,2	574,7	
PROMEDIO	22,1	9,6	15,8	6,1	8,1	59,8	57,0	3,8	7,8	19,2	8,0

Octubre 2019 Informe meteorológico mensual

DIA	TEMPERATURA DEL AIRE					HUMEDAD RELATIVA media	LLUVIA A(0-24 h)	ETP	HELIOFANIA Efectiva	RADIACION Global	VIENTO Velocidad media
	En abrigo meteorológico (1,50 m)			Sin abrigo meteorológico							
	Máx.	Mín.	Media	Mín. 0,05 m	Mín. 0,50 m						
1	30,4	12,0	21,2	12,4	13,5	83	0,3	2,9	0,0	4,4	17,6
2	18,1	11,3	14,7	9,3	11,7	67	0,5	2,9	0,4	12,1	11,2
3	17,1	10,3	13,7	9,7	10,7	75		1,5	0,0	5,2	6,9
4	15,4	12,5	14,0	12,6	12,6	92	4,1	1,0	0,0	3,9	10,5
5	18,9	10,3	14,6	8,7	9,9	72		3,6	9,2	22,7	5,9
6	22,3	8,8	15,6	5,1	7,6	50		4,7	11,0	26,7	6,5
7	27,9	11,7	19,8	6,7	8,9	66		4,7	11,0	24,5	6,1
8	21,4	14,8	18,1	12,5	13,0	76	4,8	2,0	2,0	6,4	7,7
9	28,8	15,6	22,2	13,4	14,5	67		5,1	9,8	24,1	9,0

10	32,4	22,0	27,2	9,2	10,0	59		6,5	9,4	23,5	11,8
11	36,7	23,6	30,2	20,9	22,4	57		7,0	9,7	23,5	10,3
12	37,3	25,2	31,3	22,5	23,8	68		6,4	9,1	22,2	9,1
13	25,0	16,8	20,9	16,7	17,3	81	28,6	3,3	4,5	15,5	8,9
14	18,1	8,6	13,4	7,2	7,7	73	2,4	2,2	0,0	8,7	7,7
15	12,2	7,3	9,8	6,2	7,1	92	1,2	0,9	0,0	4,1	6,2
16	16,3	11,7	14,0	11,0	11,7	95	1,7	1,1	0,0	5,8	3,7
17	19,6	15,3	17,5	14,7	15,4	92	3,5	1,8	1,1	8,8	4,7
18	23,6	10,3	17,0	5,8	8,2	70		4,6	11,2	28,1	6,4
19	24,5	13,8	19,2	9,3	11,4	53		5,3	9,2	27,0	6,7
20	18,3	13,5	15,9	12,0	12,4	86	7,0	1,2	0,0	4,9	3,1
21	21,5	10,0	15,8	5,4	6,9	69		4,3	10,7	27,9	5,0
22	19,5	12,4	16,0	7,1	9,7	84	0,3	2,6	3,4	13,7	4,6
23	25,8	12,0	18,9	5,9	8,6	67		4,2	10,6	23,5	4,1
24	27,3	14,2	20,8	8,7	12,3	58	5,5	5,4	10,7	26,4	8,5
25	28,6	14,8	21,7	13,2	14,2	66		5,8	11,6	28,2	8,8
26	29,4	16,4	22,9	13,3	14,8	47		6,9	9,7	25,2	12,1
27	28,2	19,2	23,7	16,2	17,8	74		4,7	8,1	21,4	10,9
28	27,5	17,6	22,6	14,0	16,3	81		4,7	8,8	23,8	9,5
29	25,4	15,8	20,6	15,4	16,2	86	15,0	3,7	5,6	18,9	7,7
30	21,3	16,2	18,8	16,4	17,0	85	2,5	2,3	1,8	7,5	8,5
31	25,2	12,4	18,8	10,7	11,8	70		5,4	11,3	28,4	11,7
SUMA							77,4	118,7	189,9	547,0	
PROMEDIO	24,0	14,1	19,0	11,4	12,8	72,9		3,8	6,1	17,6	8,1

Anexo 3. Tabla de correlaciones entre variables

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	NO3-	Cw	pH	P-PO4	T (°C)	Cla	PT	AT	Dureza
NO3-	1,00	0,10	0,48	5,3E-04	0,07	8,5E-06	0,01	4,3E-04	0,00
Cw	-0,22	1,00	0,05	5,7E-04	4,9E-08	0,06	2,6E-06	0,02	0,42
pH	-0,09	0,25	1,00	0,45	1,2E-05	0,89	0,70	4,4E-03	0,91
P-PO4	0,43	-0,43	0,10	1,00	7,9E-04	2,3E-03	0,06	0,51	0,02
T (°C)	0,24	-0,64	-0,54	0,43	1,00	0,83	0,05	5,2E-07	0,52
Cla	0,54	-0,24	-0,02	0,39	-0,03	1,00	2,4E-04	1,1E-04	4,4E-07
PT	-0,38	0,62	0,06	-0,27	-0,29	-0,51	1,00	0,56	0,74
AT	-0,44	-0,31	-0,36	-0,09	0,60	-0,48	-0,09	1,00	1,1E-11
Dureza	-0,80	-0,11	0,01	-0,29	0,09	-0,60	-0,05	0,74	1,00

13. Referencias Bibliográficas

- ACUÑA DEL PINO, N. B.; ABRAMOVICH, B.; MEYER, R.; HAYE, M. A.; GILLI, M. I. (1998). Evaluación de niveles de contaminación bacteriana en aguas recreacionales. Factores intervinientes. *Revista FABICIB*. 2:61-67.
- AIZAKI, M.; OTSUH, A.; FUKUSHIMA, T.; HOSOMI, M.; MUROAKA, K. (1981). Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters. *Limnol*. 21: 675-681
- AMÉ, M.; DÍAZ, M.; WUNDERLIN, D. (2003). "Occurrence of toxic cyanobacterial blooms in San Roque reservoir (Córdoba, Argentina): a field and chemometric study". *Environmental Toxicology*. 18: 192-201.
- ANÁLISIS DIGITAL. (2019). Vecinos de Paraná se oponen a la cesión del Parque Gazzano a un club y piden conservarlo. [Disponible en línea] <https://www.analisisdigital.com.ar/?q=locales/2019/11/14/vecinos-de-parana-se-oponen-la-cesion-del-parque-gazzano-un-club-y-piden>. [Consulta 02 de agosto 2024].
- ANDERSEN, J. H.; SCHLU, L.; ARTEBJERG, G. (2006). Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. *Journal of Plakton Research* 28(7): 621–628.
- APHA. (1992). Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. Madrid, España: Ed. Díaz de Santos. S.A.
- APFDIGITAL (2019) Preocupa el estado de abandono del Parque Gazzano de Paraná.[en línea] Disponible en <https://m.apfdigital.com.ar> [Consulta 02 de agosto 2024].
- BATTAUZ, Y.S., DE PAGGI, SBJ Y PAGGI, JC (2014). Comunidad pasiva de zooplancton en sedimentos secos del litoral: reservorio de diversidad y fuente potencial de dispersión en un lago de llanura aluvial subtropical del río Paraná Medio (Santa Fe, Argentina). *Revista Internacional de Hidrobiología*, 99 (3), 277-286.
- BECARES, E.; CONTY, A.; RODRÍGUEZ-VILLAFANE, C.; BLANCO, S. (2004). Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos. *Ecosistemas*, 13(2), 2-12.
- BEM, C., BORBA, M.; RODRIGUES, J., (2013). Avaliação do estado trófico de um lago urbano raso. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 8(1), 54-50.
- BHAGOWATI, B., TALUKDAR, B., AHAMAD, KU (2020). Eutrofización de lagos: causas, preocupaciones y medidas correctivas. En: Kumar, M., Snow, D., Honda, R. (eds) *Problemas emergentes en el entorno acuático durante el Antropoceno*. Springer Transactions in Civil and Environmental Engineering. Springer, Singapur.

- BOLTOVSKOY, A. M. y FOGGETTA. (1985). "Limnología física del embalse Río III". *Biología Acuática*. 7: 1-26.
- BONANSEA, M., LEDESMA, C., RODRIGUEZ, C.; SANCHEZ DELGADO, A. (2012). Concentración de clorofila-a y el límite de la zona fótica en el embalse del Tercer Río (Córdoba-Argentina), utilizando imágenes del satélite CBERS-2B. *Revista interdisciplinaria de ciencias aplicadas*, 7 (3), 61-71.
- BONILLA, S., AUBRIOT, L., HAAKONSSON, S., ILLARZE, M., DÍAZ, I., & BRENA, B. (2021). Las floraciones de cianobacterias tóxicas comprometen el uso del agua del Río Negro, Uruguay. *Innotec*, (22).
- BRÖNMARK, C., Y VERMAAT, JE (1998). Interacciones complejas entre peces, caracoles y epífitas y sus efectos sobre las macrófitas sumergidas de agua dulce. En *The structuring role of submerged macrófitos in lakes* (pp. 47-68). Nueva York, NY: Springer New York. CHEQUEAR QUE ESTE BIEN
- CABRERA, A.L. (1976) Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Buenos Aires, Argentina: ACME.
- CACCIABUE, C., SAVINO, M. N., BATTAUZ, Y.S. (2022). Aportes al estudio de los ensambles de zooplancton en una laguna urbana de la Provincia de Entre Ríos (Argentina). *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.n.s.* 24(1): 89-97.
- CARPENTER, S., BROCK, W.; HANSON, P. (1999). Ecological and social dynamics in simple models of ecosystem management. *Conservation Ecology*, 3(2). Páginas
- CARLSON, R. E. (1977). "A trophic state index for lakes". *Limnol. Oceanogr.* 22: 361-369.
- CONY, N. L.; FERRER, N. C; CÁCERES, E. J. (2014) "Evolución del estado trófico y Estructura del fitoplancton de un lago somero de la Región Pampeana: Laguna Sauce Grande, (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Biología Acuática*. 30:79-91.
- CORREAL SALGADO, S. (2022). Impacto ambiental de la eutrofización. *Revista Neuronum* (en línea). 8(4):45-48. [Disponible el 29 de agosto de 2024 en <https://eduneuro.com/revista/index.php/revistaneuronum/article/view/443>].
- DE MIGUEL BEASCOECHEA, E.; DE MIGUEL MUÑOZ, E.; CURT FERNANDEZ DE LA MORA; M. (2005). *Manual de Fitodepuración: Filtros de macrófitas en flotación*. Madrid- España. Disponible 26/12/2023 en https://fundacionglobalnature.org/wpcontent/uploads/2020/01/manual_fitodepuracion.pdf.
- DECRETO N° 7547. Ministerio de Producción, Gobierno de Entre Ríos. Promulgado el 26 de noviembre de 1999. S.P.G. EXPTE. 182.438/98. Paraná.

- DIEHL, S. y KORNIJOW, R. (1998). Influence of submerged macrophytes on trophic interactions among fish and macroinvertebrates. En: The structuring role of submerged macrophytes in lakes. (Eds. Jeppesen, E., Sondergaard, M., y Christoffersen, K.), Spreinger Verlag, New York, USA. 24-46.
- DI RIENZO, J.A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G., GONZALEZ, L., TABLADA, M., ROBLEDO, C.W. (2020) InfoStat. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
- DOÑA, C., CASELLES MIRALLES, V., SÁNCHEZ, J., FERRIL, A.; CAMACHO, A. (2011). Herramienta para el estudio del estado de eutrofización de masas de agua continentales. Revista de Teledetección, (36), 40–50.
- DUBEY, D., Y DUTTA, V. (2020). Enriquecimiento de nutrientes en ecosistemas lacustres y sus efectos sobre algas y macrófitos. Preocupaciones ambientales y desarrollo sostenible: Volumen 2: Biodiversidad, suelo y gestión de residuos, 81-126.
- DUARTE, O. C., y DÍAZ, E. L. (2006). Caracterización hidrológica de la cuenca del río Paraná. Bases para la Conservación de Suelos y Aguas en la Cuenca del Río Paraná, Editado por Antonio Paz González. Xunta de Galicia-UNER. Pág, 39-44.
- ECHANIZ, S., VIGNATTI, A., DE PAGGI, S. J., PAGGI, J., & CABRERA, G. (2010). El modelo de estados alternativos de lagos someros en La Pampa: comparación de Bajo de Giuliani y El Carancho. In Libro de Trabajos del 3 Congreso Pampeano del Agua (pp. 45-53).
- EMILIANI, F. Y GONZALES DE PAIRA, S. M. (1998). Calidad bacteriológica de la laguna Bedetti (Santo Tomé, provincia de Santa Fe, Argentina) y variables ambientales asociadas. Revista Argentina de Microbiología. 30:30-38.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY: (2011). “Nutrient Criteria Technical Guidance Manual: Lakes and Reservoirs”, Office of Water, Office of Science and Technology: United States
- FLORES, N. (2008). Urban Lakes: ecosystems at risk, worthy of the best care. Proceedings of Taal 2007. World lake Conference, 1333-1337.
- GARCÍA MIRANDA, F. G., y MIRANDA ROSALES, V. (2018). Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. Volumen II de La Colección: Agenda Pública Para El Desarrollo Regional, La Metropolitización y La Sostenibilidad, 35–367.
- GIANELLO, D., ÁVILA HERNÁNDEZ, E., CHAVES, E., AGUER, I., & CRETTAZ MINAGLIA, M. C. (2021). Estudio de la calidad de agua y su vinculación con los ensamblajes de microfitorplancton y macroinvertebrados bentónicos de la Laguna del Parque Unzué (Gualeduaychú, Entre Ríos).

- GIANNUZZI, L. (2009). Cianobacterias y Cianotoxinas. Identificación, toxicología, monitoreo y evaluación del riesgo. Ed. Moglia. Buenos Aires. Argentina. 238p.
- GIANELLO, D.; AGUER, I.; CRETTAZ-MINAGLIA, M. C. (2018). Aportes al conocimiento del fitoplancton de la laguna del Parque Unzué (Gualeguaychú, Argentina). *Natura* 48(1y2):37-43.
- HAUSTEIN, M. D. (2010). The urban-rural environment: effects of impervious surface land cover on lake ecosystems. (Tesis posgrado) University of Minnesota.
- HIGA, L. E.; LENTINI, E.; REGUEIRA, J. M.; TOBIAS, M.; LOPARDO, R. A. (2019). Sobre el tema de calidad de agua en las Américas: Argentina. En UNESCO La calidad del agua en las Américas, (59-78). México. Ed. UNESCO.
- IPARRAGUIRRE, J. (2012). Distribución espaciotemporal del fitoplancton en una laguna del sur de Córdoba y su relación con las variables ambientales. Tesis de grado. Universidad Nacional de Río Cuarto. 146 pp.
- JEPPESEN, E., JENSEN, J.P., SONDERGAARD, M., LAURIDSEN, T., PEDERSEN, L.J.; JENSEN, L. (1997). Top-down control in freshwater lakes: role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia*, 342/343: 151-164.
- JEPPESEN, E., JENSEN, J.P., KRISTENSEN, P., SONDERGAARD, M., MORTENSEN, E., SORTKJAER, O. Y OLRİK, K. (1997). Fish manipulation as a lake restoration. *Hydrobiologia*. 201: 219-227.
- JIMENEZ SANCHEZ, P. L., y ROSAS FERRUSCA, F. J. (2023). Procesos urbanos informales y actividades sociales que han determinado la eutrofización del humedal La Sabana, Chetumal, Quintana Roo.
- KIEFFER, L., EMILIANI, F.; GARCIA, M. (2004). Protección y Restauración del Lago Parque "General Belgrano". Desarrollo Aplicaciones de Ingeniería Química.
- KUNG, H.T.; YING, L. G. (1991). A study of lake eutrophication in Shanghai. *Geographic.*, 157(1): 45-50.
- LEDESMA, C.; BONANSEA, M.; RODRIGUEZ, C. M.; SÁNCHEZ DELGADO, A. R. (2013). Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba (Argentina). *Revista Ciência Agronômica*, 44(3), 419-425.
- Ley PROVINCIAL 9172 (1998) Recursos naturales ley de aguas código rural. Entre Ríos.
- LEY PROVINCIAL 9678 (2006). Recursos naturales medio ambiente aguas termales. Entre Ríos.
- LEY PROVINCIAL 9757 (2007). Recursos naturales ley de aguas. Comité de Cuencas y Consorcios del Agua Entre Ríos.

- LEYES, C.; FALCO, C.; DAGA, C. (2018). Aporte al conocimiento de la ficoflora del lago del Parque Sarmiento (Córdoba, Argentina). *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 5(1):45-50.
- LORENZEN, M. W. (1980). Use of chlorophyll-Secchi Disk relationships. *Limnol. Oceanogr*, 25(2). 371-372.
- MAC DONAGH, M. E.; PAREDES DEL PUERTO, J. M.; ALTIERI, P. D.; CANO, M. G. (2016). Aplicación de índices bióticos basados en diatomeas epífitas sobre *schoenoplectus californicus* (CA Mey.) Soják, en lagunas pampeanas de argentina. *Biología Acuática* , 31: 63 – 74.
- MANCINI, M.; CRICHIGNO, S.; ORTIZ, M.; HARO, J. G. (2012). Lagos urbanos: importancia, dinamismo y multiplicidad de usos. El caso del lago Villa Dalcar (Córdoba, Argentina). *Biología Acuática*, 27: 175-189.
- MAYOR, A. (2003). El lago encantado. Ed. Entre Ríos. 58p.
- MAZZEO, N.; CLEMENTE, J.; GARCÍA RODRÍGUEZ, F.; GORGA, J.; KRUK, C.; LARREA, D.; MEERHOFF, M.; QUINTANS, F.; RODRÍGUEZ-GALLEGO, L.; SCASSO, F. (2002). Eutrofización: causas, consecuencias y manejo. En: *Perfil ambiental del Uruguay*. Montevideo (Eds. Domínguez, A. & Prieto, R. G.). Nordan-Comunidad, Editorial. Uruguay, 39-56.
- MEGARD, R. O., SETTLES, J. C., BOYER, H. A.; COMBS JR, W. S. (1980). Light, Secchi disks, and trophic states. *Limnology and Oceanography*, 25(2), 373-377.
- MORENO FRANCO, D.; QUINTERO MANZANO, J.; LÓPEZ CUEVAS, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *México, ContactoS*. 78: 25–33.
- MOSS, B., MCGOWAN, S. Y CARVAHLO, L. (1994). Determination of phytoplankton crops by top-down and bottom-up mechanisms in a group of English lakes, the West midland meres. *Limnology and Oceanography* 39: 1020-1029.
- MOSS, B. (1995). The microwaterspace- a four dimensional view of the interactions among water, chemistry, phytoplankton, periphyton, macrophytes, animals and ourselves. *Water Science Technology* 32: 105-116.
- MUHLHAUSER, H. A.; VILA, I. Generalidades sobre el uso de índices de cambios ecológicos en ecosistemas acuáticos temperados. Segundo Taller Internacional sobre Ecología y manejo de peces en lagos y embalses. Santiago, Chile.
- MUNICIPALIDAD DE PARANA (2024), El Parque Gazzano. [Disponible en línea] (<https://www.parana.gob.ar/areastematicas/gobierno/parque-gazzano>). [Consultado 02 de agosto de 2024].

- NORMATIVA DE BALNEABILIDAD (2013) Dirección del laboratorio de bromatología de la municipalidad de Posadas.
- OCDE (1982). Eutrophication: monitoring assessment and control. Organisation for economic cooperation and development. Paris. 154p.
- ORDENANZA N^o 9668 (2017) Cuencas Hidrográficas Urbanas – Comité de Cuencas. Paraná. Entre Ríos.
- OLIVER RAJADEL, N. (2017). Estudio de los Humedales Artificiales de Flujo Superficial del Tancat de la Pipa como instrumentos para la restauración ambiental del lago de l'Albufera de Valencia (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- ORDENANZA N^o 7961. (1997). Creación del Sistema de Áreas Protegidas. Paraná, Entre Ríos.
- ORDENANZA 9121 (2013). Creacion de la Asociacion amigos del Arroyo Antoñico. Paraná. Entre Ríos.
- ORQUERA, E. y CABRERA, M. (2020). Caracterización del estado trófico de la Laguna de Yambo mediante análisis de fósforo. *InfoANALÍTICA*, 8(1), 99-111.
- PALAU IBARS, A. (2003). Medidas de gestión y adecuación ambiental de embalses frente a la eutrofia. *Limnetica*. Asociación Ibérica de Limnología. Madrid. Spain.. 22(1-2): 1-13.
- PARRA, O. (1989) La eutrofización de la Laguna Grande de San Pedro, Concepción, Chile: un caso de estudio. *Ambiente. y Desarrollo* 1: 117-136.
- PEÑA D. (2002). Análisis de datos multivariados. Madrid: McGraw Hill.
- PEREYRA, A. C., MULLIGAN, C. N. (2023). Prácticas para la remediación y restauración de aguas eutróficas de lagos poco profundos: una revisión crítica de la literatura. *Water*, 15(12), 2270. <https://doi.org/10.3390/w15122270>
- POLLA, W. M., BAINOTTI, M. F., & NOVOA, M. D. (2016). Estudio ficológico y bacteriológico de una laguna urbana de uso recreativo (Santa Fe, Argentina). *Natura Neotropicalis*, 1(47), 21-42.
- QUIROGA, R. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. "Sustainability Assessment in Latin America and the Caribbean". Chile. 116p.
- QUIRÓS, R. (2000). La eutrofización de las aguas continentales de Argentina. 1 Reunión sobre problemáticas de lagos y embalses. Subprograma XVII. Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. Mar del Plata, Argentina, 43-47.

- QUIROZ, R. (2007). Manejo y recuperación de lagos urbanos. Serie documentos de trabajos del área de producción acuática. Departamento de producción animal. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- QUIROS, R. (2000). La eutrofización de las aguas continentales de Argentina. El Agua en Iberoamérica: acuíferos, lagos y embalses, 43-47.
- RAMIREZ, B. (2005). Distribución vertical de clorofila en los fiordos australes ubicados entre el Estrecho de Magallanes y el Cabo de Hornos (Chile). Revista Ciencia. Tecnol. Mar, 28 (2): 43-61.
- RESOLUCIÓN MINISTERIAL 125/2016. Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas. Comisión Permanente de Revisión Anual de Normas de Calidad de Agua de Uso y Consumo Humano (COPERANCAUCH). Ministerio de Salud. Diciembre 2017. Bs. As. [Disponible en línea] https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/directrices_sanitarias_para_enteropato_genos.pdf. [Consultado 02 de agosto de 2024].
- RODRÍGUEZ, L., J.; CERVANTES-ORTIZ, F.; ARÁMBULA-VILLA, G.; MARISCAL AMARO, L.; AGUIRRE-MANCILLA, C.L.; ANDRIO-ENRÍQUEZ E. (2022). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión. Agronomía Mesoamericana. 33(1):1-12.
- SIUDA, W., GRABOWSKA, K., KALIŃSKI, T., KIERSZTYN, B., & CHRÓST, R. J. (2020). Estado trófico, eutrofización y amenazas a la calidad del agua del sistema de los grandes lagos de Mazuria. In E. Korzeniewska & M. Harnisz (Eds.), Cuencas fluviales y lagos polacos (Vol. 86). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12123-5_12
- SOVRANO, L. V. (2016). Riqueza de aves en el parque ecológico municipal José Gazzano (Paraná, Entre Ríos, Argentina). Revista FABICIB, 20, 123-132.
- TDyn 4.0 (2016) <https://www.compassis.com/tdyn/>
- VALDEZ, M. C. (2020). Lineamientos para mitigar el proceso de eutrofización de la laguna formada en la cava Borgo de la ciudad de Santa Fe, Argentina. Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina.
- VARELA, M. (1981) El problema de determinación de clorofila a en el fitobentos: discusión sobre la metodología. Oecología Aquatica, 5,7-19.
- VERMA, S.R.; CHAUDHARI, P.R.; SINGH, R.K.; WATE, S.R. (2011). Studies on the ecology and trophic status of an urban lake at Nagpur city, India. Chem. 4(3): 652-659.
- VIVOT, E. P.; SANCHEZ, C. I.; KIEFFER, L. A.; PROSPERI, C. H.; GIECO, A. M.; DRAGAN, A. N.; ORMAECHEA, M. V.; DE LA SIERRA, P.; GUERRA, E. W. (2012). Análisis de algunos parámetros físico-químicos y biológicos del agua en dos

estaciones climáticas en el Arroyo de la Ensenada, Diamante, Entre Ríos. Revista Científica Agropecuaria; 16-1: 5-15.

- WETZEL, R.G. (2001). Limnology, 3rd edition. Academic Press, New York.
- ZHEN-GANG, J. 2007. "Hydrodynamics and water quality: modeling rivers, lakes, and estuaries. Willey & Sons". New Jersey. Ed. John Wiley & Sons, Inc. 557p.
- ZOUITEN, H. (2012). Tesis Doctoral: Análisis Mediante Modelado Avanzado de Procesos de Eutrofización en Lagunas Litorales: Aplicación a Masas de Agua Atlánticas y Mediterráneas. Santander: Universidad de Cantabria. España.