



**Intendencia  
Montevideo**



**PROGRAMA DE MONITOREO DE LAGOS  
URBANOS  
PRIMER INFORME  
2017-2020**

**Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental  
Gerencia de Gestión Ambiental  
Departamento de Desarrollo Ambiental  
Intendencia de Montevideo**



**Intendencia  
Montevideo**

---

**DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL**  
**GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL**  
SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL  
Unidad Calidad de Agua

---

## **AUTORIDADES GOBIERNO DEPARTAMENTAL**

### **Intendenta**

Carolina Cosse

### **Secretaria General**

Olga Otegui

### **Director General del Departamento de Desarrollo Ambiental**

Guillermo Moncecchi

### **Gerencia de Gestion Ambiental**

Jorge Alsina

## **OTRAS AUTORIDADES**

### **Directora (i) Servicio de Evaluacion de la Calidad y Control Ambiental**

Susana González

### **Directora (i) Unidad Calidad de Agua**

Jimena Risso Barros

### **Autores del Informe:**

Daniel Sienna

Jimena Risso Barros

Gastón Varela

Gustavo Saona

### **Personal de la Unidad Calidad de Agua involucrado en el desarrollo del trabajo realizado**

Bruno D'Alessandro, Maria Mercedes De Maio, M<sup>a</sup> Eugenia Echezarreta, Tania Hernández, Lys Viviana Perciballe, Marinela Pereira, Natasha Quiñones, Gustavo Saona, Daniel Sienna, Gastón Varela, Martin Villanueva, Analía Urban, Mary Yafalián.

### **Pasantes de Facultades de Química y de Ciencias de la Unidad Calidad de Agua**

María Eugenia Bastarrica, Leandro Capurro, Romina Echagüe, Lucía Frones, Fernando Madeiro, Evangelina Passarino, Jennifer Pereira, Carolina Rodríguez, Cecilia Rodríguez.

Se destaca la colaboración de los funcionarios y pasantes (estudiantes de las Facultades de Química, Ingeniería y Ciencias) de la Unidad Analítica en la realización de los análisis correspondientes.

### **Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental**

Camino al Faro s/n, Punta Carretas  
CP 11300 - Montevideo Uruguay  
Tel 1950 9923

[www.montevideo.gub.uy](http://www.montevideo.gub.uy)

---

Camino al Faro de Punta Carretas s/n,  
CP 11300 Montevideo, Uruguay

Tel: (598) 1950 9923  
[www.montevideo.gub.uy](http://www.montevideo.gub.uy)



## **LAGOS URBANOS**

Los lagos urbanos ocupan un lugar de importancia en las ciudades al constituirse como lugares de descanso y esparcimiento significativos para sus habitantes por encontrarse cercanos a los centros urbanos y ser habitualmente de fácil acceso. Permiten el establecimiento de diversos organismos incrementando su valor paisajístico, contribuyen a incrementar la calidad de vida y a mitigar las adversidades del clima urbano y a su vez son utilizados para la realización de actividades educacionales y recreativas. Estos ambientes poseen características que los hacen únicos y es por ello que demandan estudios específicos.

En Montevideo existen varios lagos urbanos artificiales que forman parte de las opciones recreativas para la población.

En este informe se resumen las actividades de monitoreo y evaluación realizadas en dos de los mayores lagos urbanos de Montevideo: el lago del Parque Rodó y el lago del Parque Rivera. Se destaca que el origen, la hidrodinámica y las problemáticas de ambos lagos son diferentes por lo cual los estudios que se realizan sobre ellos también lo son.

### **LAGO DEL PARQUE RODÓ**

#### **El Parque Rodó**

El 18 de marzo de 1898 fue aprobada la resolución que destinaba fondos para la conformación del Parque Urbano. Según un bosquejo realizado por José Requena y García, quien se desempeñara como Director de parques y jardines de la municipalidad, los trabajos preliminares se iniciaron entre 1900 y 1902. De acuerdo a la delineación proyectada por el Ing. Montero Paullier, entre 1903 y 1904 comenzó la construcción del lago artificial, con isletas y puentes rústicos de imitación, terraza para música y el castillo sobre el lago. Posteriormente se solicitó un proyecto de mayor alcance al arquitecto paisajista francés Carlos Thays, y la dirección y ejecución fue encargada a Carlos Racine, técnico especializado del mismo origen. En octubre de 1912, el Municipio expropió varios terrenos que conformaron el área definitiva del Parque Rodó. Con 42 hectáreas y 711 metros cuadrados se ejecutó el plan de ornato del Arq. Thays, se inauguró la iluminación del castillo y el lago, y se autorizó la implementación de juegos, servicios de ponis y locales de venta de comestibles.

#### **El Lago del Parque Rodó**

El lago Rodó es un lago artificial, somero y urbano de una profundidad de 2.5 metros aproximadamente. Este lago urbano, de aproximadamente una hectárea y media de extensión, además de constituir un elemento paisajístico tiene fuentes externas de aguas pluviales e interacciona con el Lago Cachón.



### **Antecedentes de intervenciones en el Lago**

Las acciones de mantenimiento han requerido de su vaciado, cuyas tres últimas intervenciones datan de los años 1999, 2006 y 2016. En esta última oportunidad se realizó la limpieza total, reparación y recimentación de muros perimetrales, así como la reducción de su altura. Además se analizó la calidad y cantidad del sedimento, se evacuó toda la fauna con colaboración de ONGs y Facultad de Veterinaria, se reconstruyeron los bordes, compuertas y sistemas de bombeo para la oxigenación y circulación y se incorporaron nuevas plantas acuáticas.

En 2018 se instalaron equipos de sonicadores que funcionan con una tecnología de ultrasonido, apuntando al control de cianobacterias y algas. Adicionalmente en 2019 se instalaron equipos de bombeo que permiten la recirculación y oxigenación del lago.

Por otra parte desde hace varias décadas se han realizado diversos estudios tanto por parte de la Intendencia de Montevideo como por la Facultad de Ciencias: caracterizaciones biológicas (fitoplancton, zooplancton) manejo de plantas acuáticas, restauración, manejo hidrológico, estudios de sedimento, limpieza y vaciado del mismo. También se han realizado análisis físico-químicos del agua evaluando concentración de nutrientes como ser nitrógeno y fósforo entre otros, contenido de oxígeno, turbiedad etc.

### **Estudios realizados**

El Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental tiene dentro de sus cometidos el estudio de la calidad del agua de los lagos urbanos, dentro de los que se encuentra el Lago del Parque Rodó.

Como indicador de la concentración de algas en el agua se realiza la determinación de clorofila *a*. En el mes de diciembre de 2018 se comenzó con el análisis de este indicador en los sitios L Rod1 y L Rod2. En abril de 2019 se agregaron 8 sitios mas (L Rod3 a L Rod10). A fin de este año, los estudios en los sitios 9 y 10 se discontinuaron por la imposibilidad de conseguir embarcación.

Adicionalmente en L Rod1 y L Rod2 se miden otras variables como Oxígeno, Conductividad, Salinidad, pH, Temperatura y Turbidez. Alternadamente se ha medido la concentración de Fósforo Total, Nitrógeno Total, Amonio, Coliformes fecales, Enterococos. Los valores obtenidos se presentan en el Anexo I al final del informe.



**Figura 1.** Imagen de muestreo en Lago Rodó



**Figura 2.** Ubicación de los equipos de Ultrasonido y los sitios de muestreo.



### Coordenadas sitios de muestreo

	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>LRod1</b>	34°54'44.40"	56°10'3.23"
<b>LRod2</b>	34°54'47.52"	56°10'2.67"
<b>LRod3</b>	34°54'49.13"	56°10'4.05"
<b>LRod4</b>	34°54'50.00"	56°10'3.60"
<b>LRod5</b>	34°54'46.93"	56° 9'59.21"
<b>LRod6</b>	34°54'46.21"	56° 9'59.92"
<b>LRod7</b>	34°54'43.35"	56° 9'59.52"
<b>LRod8</b>	34°54'42.70"	56°10'0.
<b>LRod9</b>	34°54'47.15"	56°10'0.66"
<b>LRod10</b>	34°54'48.49"	56°10'1.77"

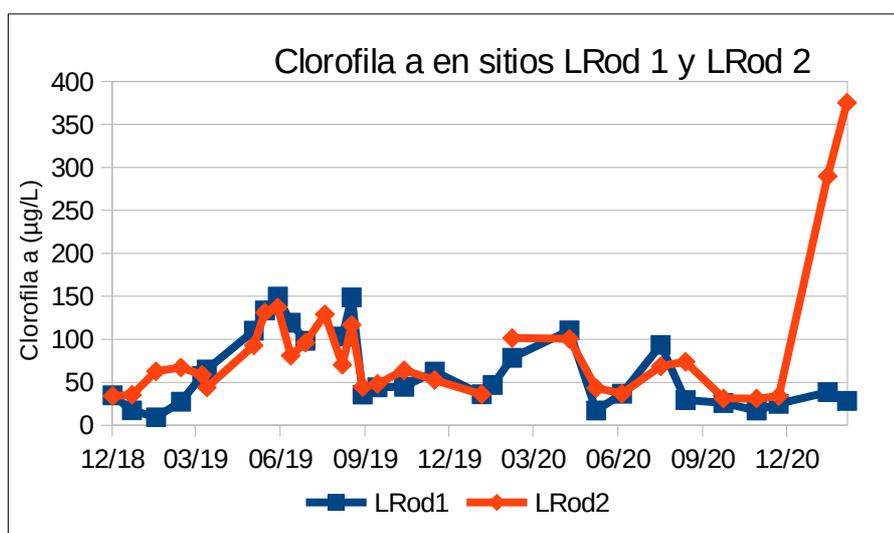
**Tabla 1.** Coordenadas de los sitios de muestreo



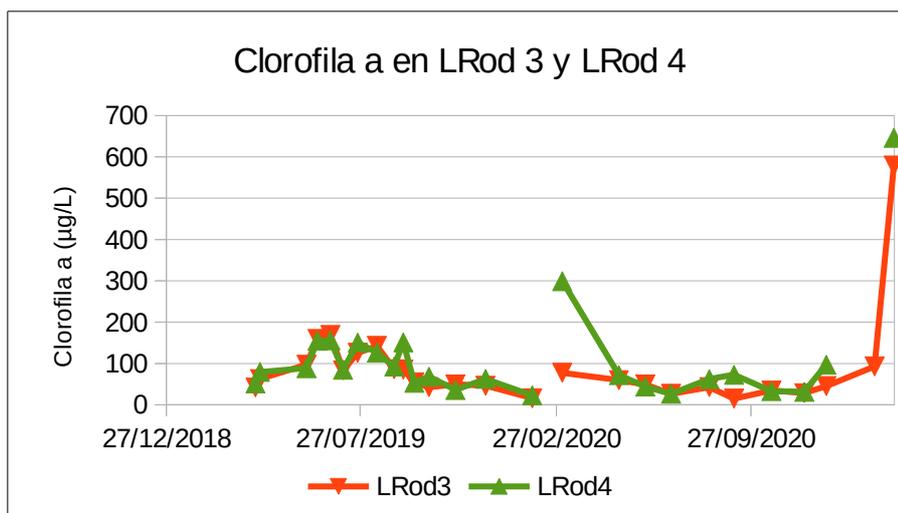
### Evaluación de los parámetros analizados

Se puede observar un muy leve descenso de la concentración de clorofila a en los sitios LRod1, LRod2, LRod3 y LRod4 después de la puesta en funcionamiento de los Equipos 1 y 2 (julio y agosto del 2019) y luego vuelve a aumentar. De todos modos no se aprecia un efecto significativo en la disminución de las algas a simple vista.

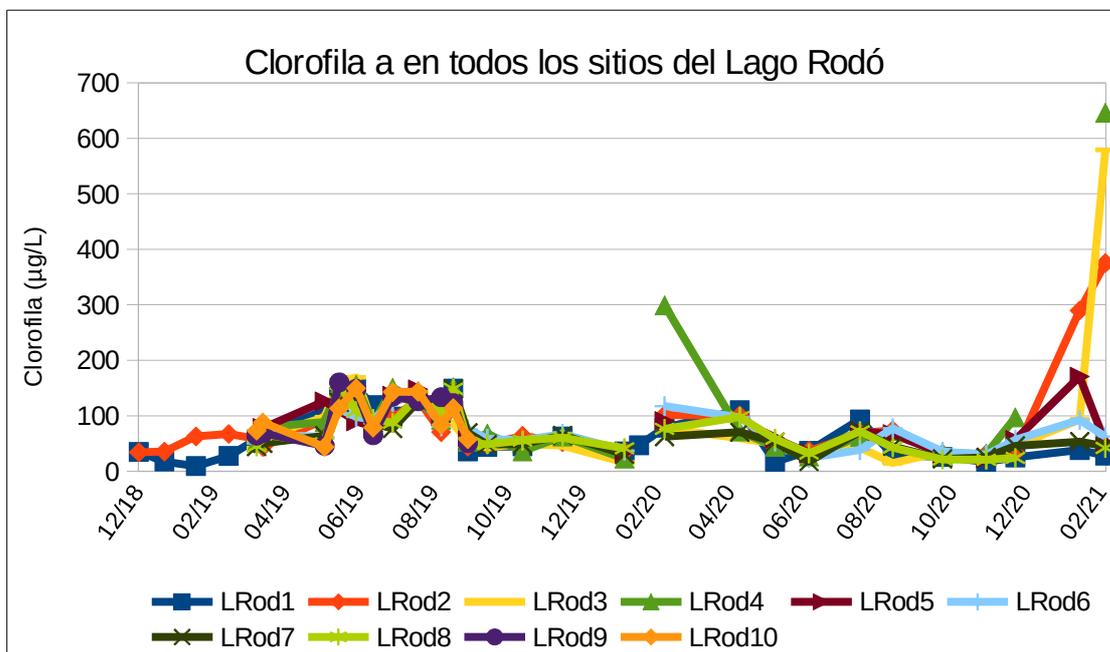
En diciembre de 2020 hay un aumento de la clorofila, tal vez debido a la remoción de las plantas acuáticas que compiten por luz y remueven los sedimentos liberando nutrientes a la misma.



**Figura 3.** Evolución de la clorofila a en los sitios LRod1 y LRod2.



**Figura 4.** Evolución de la clorofila a en los sitios LRod3 y LRod4



**Figura 5.** Evolución de la clorofila a en todos los sitios en el Lago Rodó

A modo indicativo, según Smith et al (1999), para los lagos, valores de clorofila *a* entre 9 y 25µg/L corresponden a una condición de eutrofia y superiores a 25µg/L a hipereutrofia.

## Conclusiones

No se observaron concentraciones significativas de coliformes fecales ni de enterococos, lo que de alguna forma es esperable ya que el lago no recibe aportes de saneamiento.

Se constató en determinado momento un aumento de oxígeno (hasta la sobresaturación) y también de pH, coincidentes con la presencia de altas concentraciones de clorofila. En esos momentos se pudo ver a simple que el agua tenía una coloración muy verde por la presencia de algas.

Por otra parte en el período estudiado hubo un crecimiento explosivo de las plantas acuáticas (*Egeria* o *Elodea*) alcanzando grandes concentraciones, incluso en algunos sitios las plantas ocuparon la totalidad del agua. Debido a eso, este año se comenzó la extracción manual de las mismas. Se continúa la evaluación de la concentración de clorofila de forma de encontrar la relación con las distintas situaciones del cuerpo de agua.



## **LAGO DEL PARQUE RIVERA**

### **El Parque Rivera**

Con el nombre de “Ville Augustine”, el francés Pierre Durandeu (1844 -1927), residente en Montevideo, construyó a fines del siglo XIX sobre 40 hectáreas de terrenos anegadizos el actual Parque Rivera. Allí hizo trazar avenidas, plantó miles de eucaliptus y creó un lago que alberga a numerosas aves acuáticas.

Después de su muerte en 1929 su hijo vendió al municipio de Montevideo ese espacio conocido durante décadas como “Parque Durandeu”. Allí ese mismo año el arquitecto Juan Antonio Scasso proyectó el Hotel del Lago. Con el paso de los años todas las instalaciones cayeron en el abandono, hasta que a partir del 2002 comenzó su refacción. El ex hotel pasó a albergar al Centro de Desarrollo Económico Local de Carrasco Norte (CEDEL CN).

Actualmente, el Parque Rivera está rodeado por Avenida Italia, Alberto Zum Felde y Bolivia. Su extenso predio forestado (que incluye el Estadio Charrúa) con el lago artificial en el centro y parrilleros con mesas y bancos, reúne a numerosas familias sobre todo los fines de semana. También lo utilizan deportistas de todas las edades para correr, andar en patines o en bicicleta.

El lago (con un perímetro de más de un kilómetro) tiene dos islas pobladas de arbustos y árboles, refugio de aves como garza bruja, garza blanca chica, gallaretas de cresta roja y de cresta amarilla, entre otras. Y los gansos, que en gran cantidad se pasean por el borde del lago, siempre atentos a la comida que le arrojen los visitantes.

En el ex hotel, el Cedel brinda numerosos programas de formación para la inserción laboral (desde construcción, gastronomía o artesanías, hasta cursos para clasificadores), actividades para la tercera edad, ajedrez, música, atletismo.

### **El Lago del Parque Rivera**

El lago del Parque Rivera se encuentra en una zona antiguamente rural que sufrió un proceso de poblamiento masivo a partir de la década de 1970. El lago fue clasificado como hipereutrófico por análisis efectuados por científicos de Facultad de Ciencias y de Ingeniería.

En el año 2016 una tesina de grado del CURE y Facultad de Ciencias abordó el tema del estudio de los sedimentos del lago. Entre las conclusiones de este estudio se destaca que todas las variables estudiadas muestran niveles bajos en la sección más antigua del testigo hasta el año 1987 (cm 12) donde aumentan abruptamente a niveles que se mantienen hasta la fecha del estudio. Este lago se trata de un claro caso de eutrofización cultural, donde un proceso de poblamiento de cierta zona se ve acompañado de un proceso de deterioro de un ecosistema acuático presente en ésta.



### Estudios realizados

El Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental realiza un monitoreo periódico de la calidad del agua del lago. Hacia él fluye desde el noroeste una cañada que unos metros aguas arriba de su llegada al lago recibe un alivio de pluviales de saneamiento y desde él nace el arroyo del Molino que luego transcurre por el parque lineal Arquitecto Eugenio Baroffio. Al momento de comenzar con el seguimiento había, en la cañada afluente, un pequeño asentamiento de viviendas que en el mes de junio de 2018 fue retirado.

Se determinaron una serie de variables a analizar que aportan información para la caracterización del sistema: Temperatura, Coliformes Fecales, Enterococos Fecales, Fósforo Total, Nitrógeno Total, Clorofila *a*, Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad y Turbiedad.

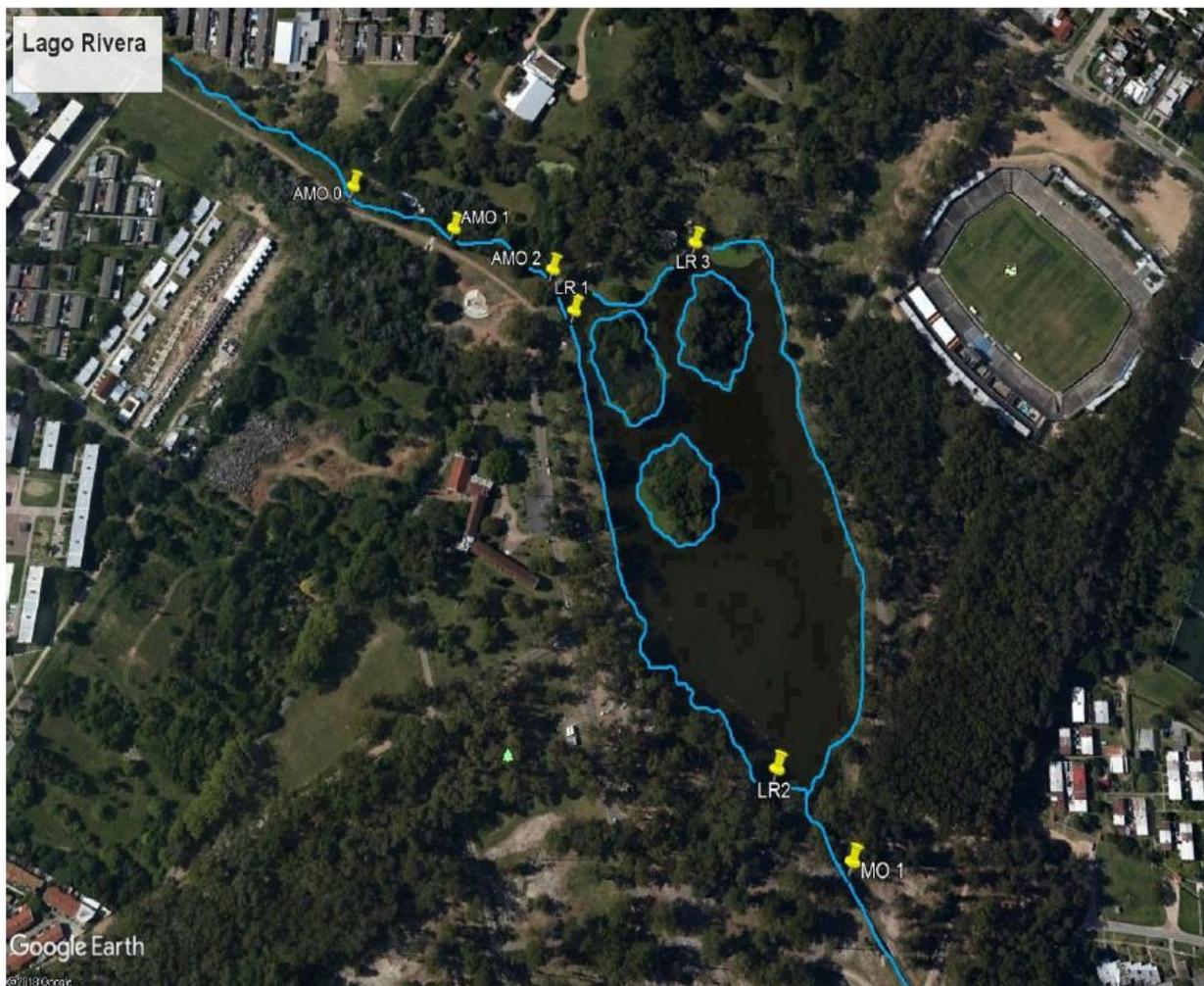
También se realizaron análisis puntuales de Bioensayos, Fitoplancton y Toxinas de cianobacterias.



**Figura 6.** Imagen del Lago Rivera

### Frecuencia y sitios de muestreo

Los muestreos comenzaron en setiembre de 2017 y hasta diciembre de 2020 han sido realizados un total de 64 monitoreos.



**Figura 7.** Sitios de muestreo. La dirección del flujo de corriente es desde AMO 0 hacia el lago y continúa por MO 1 hacia el sur, conectándose con el interceptor costero del saneamiento.



### Coordenadas

	Latitud	Longitud
<b>AMO 0</b>	34°52'40.04"	56° 5'41.29"
<b>AMO 1</b>	34°52'41.04"	56° 5'38.26"
<b>AMO 2</b>	34°52'41.99"	56° 5'35.35"
<b>LR 1</b>	34°52'42.90"	56° 5'34.70"
<b>LR 2</b>	34°52'52.08"	56° 5'29.15"
<b>LR 3</b>	34°52'41.42"	56° 5'31.26"
<b>MO 1</b>	34°52'53.73"	56° 5'27.30"

**Tabla 2.** Coordenadas de los sitios de muestreo



**Figura 8.** Muestreo en el Lago Rivera. Sitio LR1.



### Evaluación de los parámetros analizados

Para cada variable se presentan gráficos de cajas y líneas en donde se representan para cada sitio el promedio de todos los datos del año. Las cajas indican los siguientes elementos: la mediana (línea central engrosada), los percentiles 25 y 75 (corresponde a los límites de la caja) y los valores mínimos y máximos (indicados por las líneas exteriores a los límites de las cajas). También se aprecian puntos aislados que indican los valores extremos (outliers).

Los parámetros Coliformes Fecales (CF), Fósforo Total (PT), Amoníaco Libre (NH<sub>3</sub>), Oxígeno Disuelto (OD), pH y Turbiedad (Turb), se evalúan de acuerdo a la Clase 3 (Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica) del Decreto 253/79.

Las variables Nitrógeno Total (NT) y Clorofila *a* (*Clo a*) no están contempladas en el anterior Decreto y se evalúan de acuerdo a la Mesa Técnica del Agua (MVOTMA DINAMA 2017)

Parámetro	Unidad	Normativa			Referencia
		Valor/Categoría			
Coliformes fecales	ufc/100 mL	≤2000			Decreto 253/79
Fósforo Total	mg/L	0.025			
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.0			
pH	-	6.5 – 8.5			
Turbiedad	NTU	≤50			
Enterococos	ufc/100 mL	-			-
		<b>Bueno</b>	<b>Aceptable</b>	<b>No Aceptable</b>	
Nitrógeno Total	mg/L	≤0.65	0.66-1.00	>1.00	Mesa Técnica de Agua – Sistemas Lénticos (MVOT-MA DINAMA 2017)
Clorofila <i>a</i>	µg/L	≤10	10.1-30	>30	

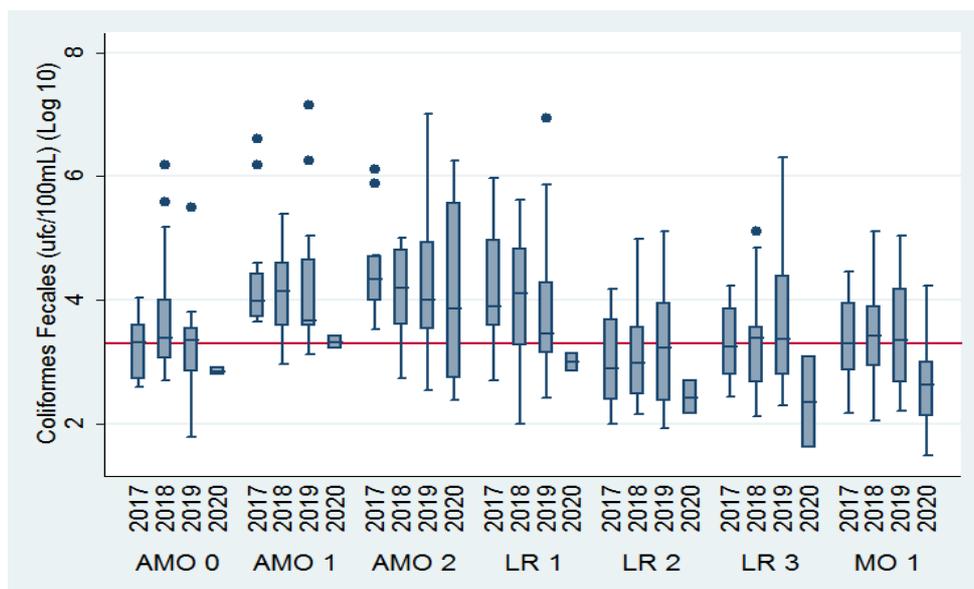
**Tabla 3.** Referencias consideradas al momento de realizar la evaluación



### Coliformes fecales (CF)

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias gram negativas muy utilizados para poder caracterizar un ambiente acuático debido a que su presencia indica posible contaminación de origen fecal.

La Clase 3 del Decreto 253/79 exige no exceder el límite puntual de 2000 ufc/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras.

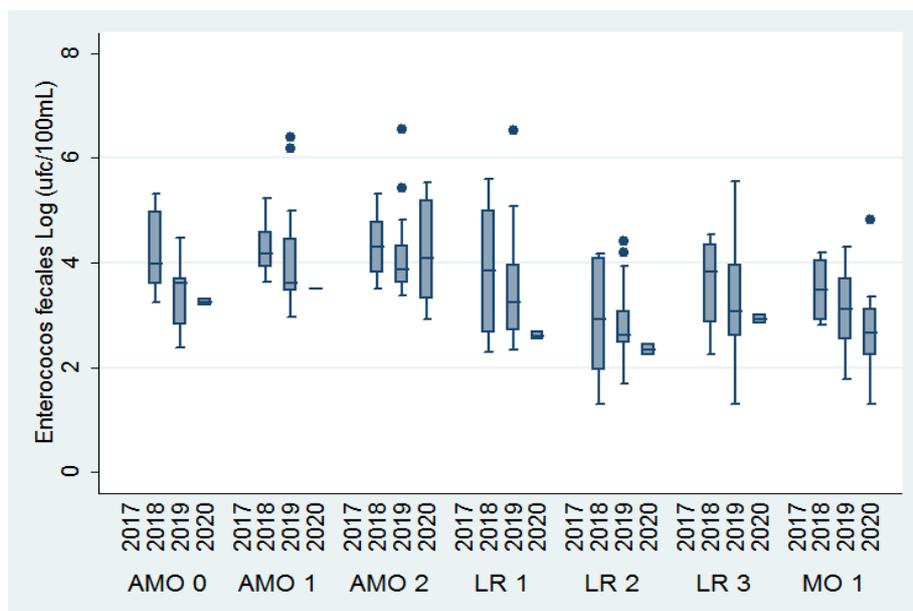


**Figura 9.** Coliformes Fecales en el Lago Rivera desde setiembre 2017 a diciembre de 2020. La línea roja indica el valor máximo (2000 ufc/100mL), límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.



### Enterococos

Los enterococos son bacterias que forman parte de la flora intestinal y se encuentran en forma abundante en las heces de humanos y otros animales. Se utilizan como indicador de contaminación fecal debido a que pueden sobrevivir pero no multiplicarse en el ambiente fuera del intestino.



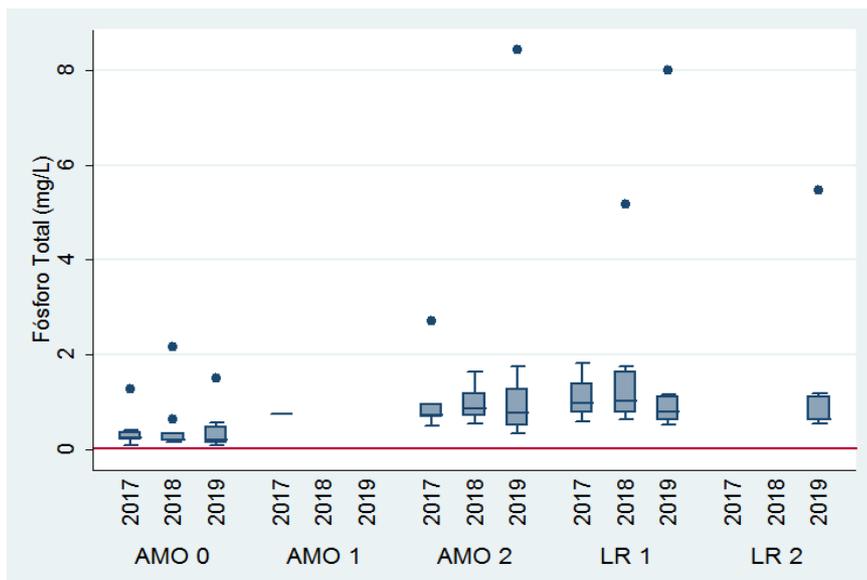
**Figura 10.** Enterococos en el Lago Rivera desde setiembre 2017 a diciembre de 2020.

### Fósforo Total (PT)

El fósforo y el nitrógeno son nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento de las plantas en los lagos. De estos dos nutrientes, el fósforo es el que más a menudo se considera el nutriente que regula la producción de algas en los lagos y el más susceptible de control. Por ello, suele ser la variable que más preocupa en relación con la eutrofización de lagos y embalses. Junto con la clorofila a de las algas y la transparencia del disco de Secchi, el fósforo se utiliza habitualmente para estimar el estado trófico de los lagos y embalses. El Decreto 253/79 plantea como límite de fósforo total una concentración no superior a 25 µg/L



Vollenweider (1968) y Sawyer (1947) clasificaron el estado trófico según la concentración de fósforo. Los lagos con concentraciones de fósforo inferiores a  $10 \mu\text{g/L}$  se clasificaron como oligotróficos; las concentraciones de fósforo entre  $10$  y  $20 \mu\text{g/L}$  eran indicativas de lagos mesotróficos; y los lagos eutróficos tenían concentraciones de fósforo superiores a  $20 \mu\text{g/L}$ . (2018, EPA).



**Figura 11.** Fósforo total en el Lago Rivera. La línea roja continua representa el valor de  $0,025\text{mg/L}$ , límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3

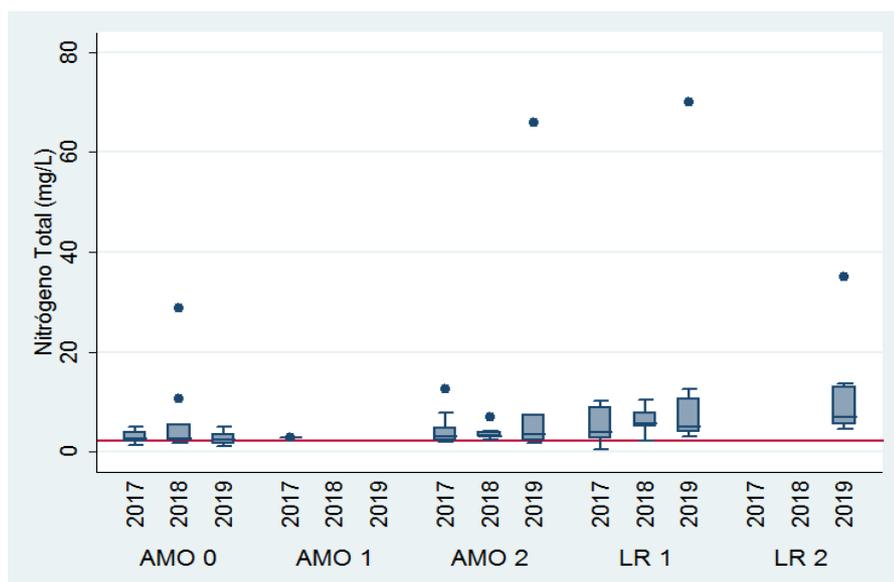
De acuerdo a lo mencionado anteriormente, en cuanto a las concentraciones de fósforo, el Lago Rivera se clasifica como un lago eutrófico.

### *Nitrógeno Total (NT)*

El nitrógeno es también uno de los principales componentes de la vida acuática (principalmente para las algas y plantas) y se encuentra presente de forma natural bajo diferentes formas ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ). A diferencia del fósforo, el control de las fuentes de nitrógeno es más difícil ya que el primero puede ser asimilado directamente de la atmósfera por varios tipos de organismos, incluidas algunas especies de Cyanophyta, las algas azul-verdes.



En bajas concentraciones puede actuar como limitante para la vida pero en exceso puede ser perjudicial para el equilibrio del ambiente. Ingresa al medio acuático de forma natural (lluvias, aire) o de forma antropogénica con aportes puntuales (caños, vertederos, etc) o aportes difusos (escorrentía). Es un indicador ampliamente utilizado en muestras de agua ya que refleja la suma del nitrógeno en todas sus formas. Según los valores guía de la Mesa Técnica del Agua, valores superiores a 1.0 mg/L estarían indicando una categoría de No Aceptable.

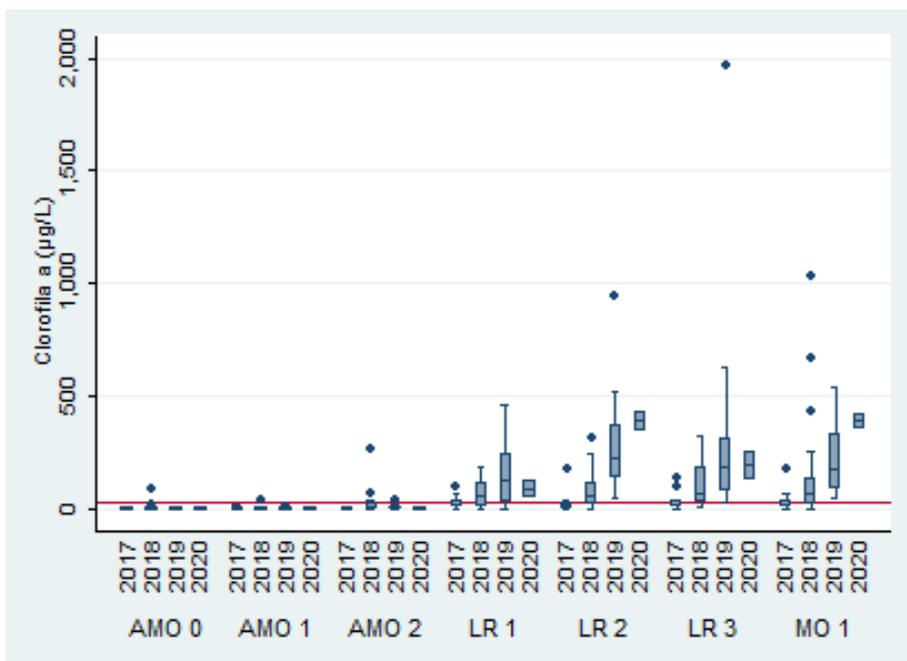


**Figura 12.** Nitrógeno Total en el Lago Rivera. La línea roja indica el valor límite de referencia internacional utilizado para lagos (USEPA 2018) de 2,23 mg/L. En el año 2020 no se han realizado análisis.



### Clorofila a (Clo a)

La clorofila a es el principal pigmento presente en las algas y cianobacterias que realizan fotosíntesis para su crecimiento y es por ello que su medición se utiliza como indicador indirecto de la concentración de estos organismos en el medio acuático. Puede utilizarse como indicador del estado trófico, considerando otros parámetros asociados.



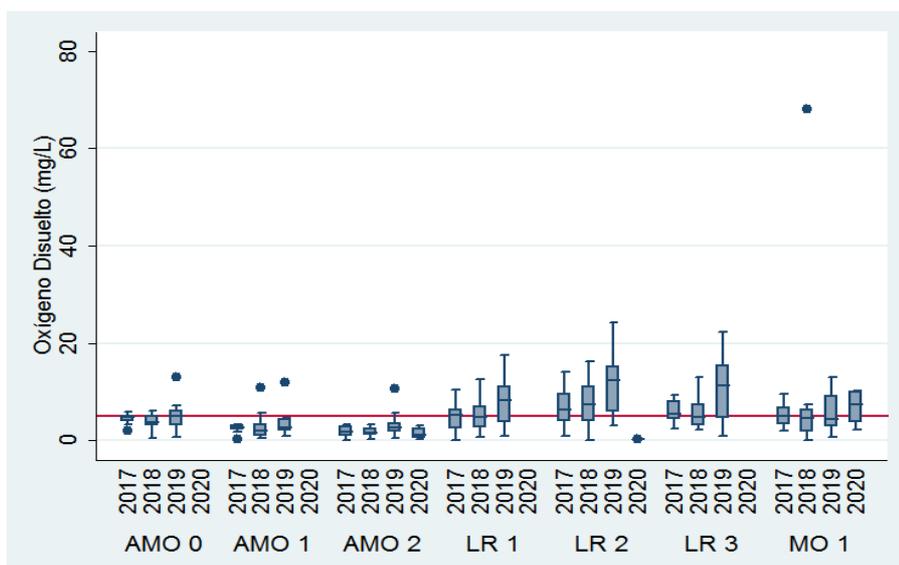
**Figura 13.** Clorofila a en el Lago Rivera desde setiembre 2017 hasta diciembre 2020. La línea roja representa el valor de 30.0 µg/L, límite establecido por la Mesa Técnica del Agua 2017



### *Oxígeno Disuelto*

El oxígeno disuelto en el agua brinda información directa sobre la calidad de la misma y su concentración es determinante para la vida en el medio acuático.

Varios factores pueden influir en la disminución del contenido de oxígeno en el medio como ser: presencia de materia orgánica, aumento de temperatura, presencia de algas y plantas acuáticas, oxidación por contaminantes etc. Es un indicador de la carga orgánica del sistema y por ende del estado de salud del mismo.

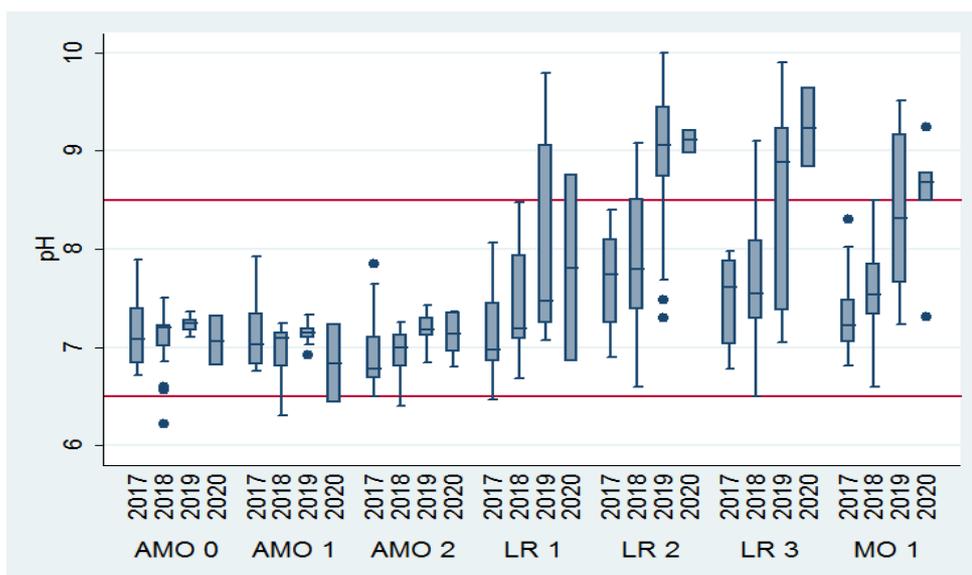


**Figura 14.** Oxígeno Disuelto en el Lago Rivera en todos los muestreos realizados desde setiembre 2017 a diciembre de 2020. La línea roja indica el valor mínimo (5 mg/L), límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.



### pH

En general, en las aguas naturales el pH varía entre 6 y 9 y sus fluctuaciones pueden ser debidas a diversos factores como ser: temperatura, descomposición de la materia orgánica, desechos de agricultura, drenajes ácidos o sitios eutrofizados debido a la alta tasa de fotosíntesis producida por las floraciones de algas y cianobacterias.



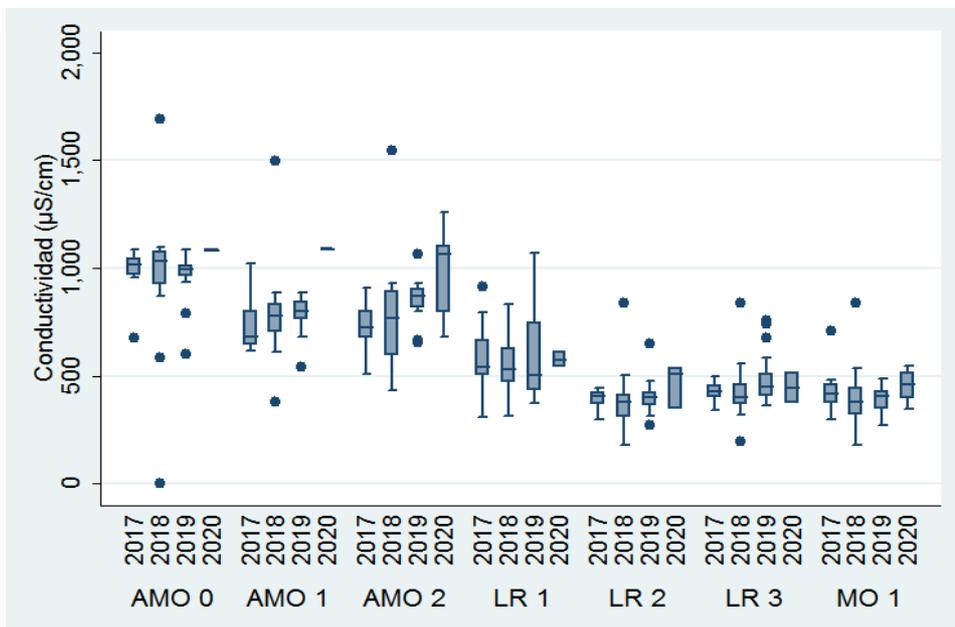
**Figura 15.** pH en el Lago Rivera en todos los muestreos realizados desde setiembre 2017 hasta diciembre de 2020. Las líneas rojas indican los límites establecidos en el Decreto 253/79 para la Clase 3.



### Conductividad

La conductividad eléctrica del agua refleja la capacidad que tiene la misma de conducir la corriente eléctrica y ésta varía en función de la presencia iones.

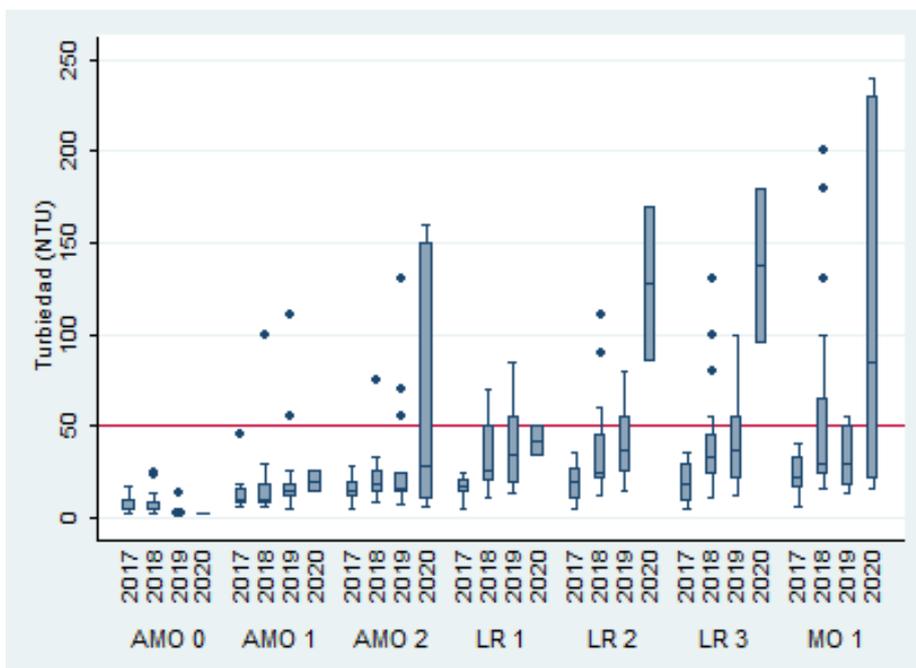
Los factores que modifican la conductividad pueden ser el ingreso de agua salada en el caso estar cerca de un estuario, presencia de contaminantes con el aumento de la carga de iones entre otros.



**Figura 16.** Conductividad en el Lago Rivera en todos los muestreos realizados desde setiembre 2017 a diciembre de 2020.



### Turbiedad



**Figura 17.** Turbiedad en el Lago Rivera en todos los muestreos realizados desde setiembre 2017 a diciembre de 2020. La línea roja representa el valor de 50 NTU, límite establecido en el Decreto 253/79 para la Clase 3.

### Estudios complementarios

#### *Fitoplancton y cianotoxinas*

El día 8/12/2020, debido al intenso color verde del agua del lago, se tomaron muestras complementarias para el análisis de Fitoplancton y de toxinas de cianobacterias en el sitio LR2 (estudios realizados en el Latu) y para análisis de bioensayos en los sitios AMO 0, AMO 1, AMO 2, MO 1, LR1, LR2 y LR3 (análisis realizados en el SECCA).

#### *Fitoplancton*

En el resultado de Fitoplancton se identificó la presencia de “Cianobacterias potencialmente tóxicas”, alcanzando un total de 3.468.000 células/ml (Tabla 3).



Taxas		Cianobacterias cél/ml
Bacillariophyceae	<i>Fragilaria acus</i>	22000
	<i>Navicula sp.1</i>	10000
Cyanophyceae	<i>Aphanocapsa cf. planctonica</i>	1.210000
	<i>Aphanocapsa cf. delicatissima</i>	1.648000
	<i>Desmodesmus communis</i>	57000
	<i>Dolichospermum uruguayense</i>	64000
	<i>Dolichospermum viguieri</i>	231000
	<i>Merismopedia tenuissima</i>	326000
	<i>Synechococcus sp.</i>	53000
	<b>Total</b>	<b>3.468000</b>

**Tabla 4.** Número de células de cianobacterias en el sitio LR2, identificado por taxas.

### Cianotoxinas

El resultado de cianotoxinas indicó la presencia de Anatoxina-a. Es de destacar que se ha informado del diagnóstico de envenenamiento por esta toxina en perros y ganado, debido a los efectos neurotóxicos, tras beber y bañarse en aguas con cianobacterias productoras de la misma. Sin embargo el límite para la concentración en aguas recreacionales de de 60 ppb (WHO 2020; Chorus 2021), muy superior a lo hallado en el lago.

Toxina	Concentración	Unidades	Observaciones
<b>Microcistina</b>	<0.15	ppb	LD:<0.15
<b>Saxitoxina</b>	ND	ng/mL	LD:0.02
<b>Anatoxina-a</b>	0.25	ppb	LD:<0.15

**Tabla 5.** Concentración de toxinas en el sitio LR2. ND: No Detectado, LD: Límite de Detección



### Bioensayos

A la muestra del día 8/12/20 se realizaron también bioensayos: Los bioensayos realizados fueron *Vibrio fischeri* (81,9% Basic test y/o 81,9% Screening test), *Daphnia magna* (agudo) e *Hydra attenuata* (agudo).

Los resultados obtenidos se clasifican como UT (Unidades de Toxicidad) expresados como un valor (desde <1 hasta > 4). Dichos valores representan 5 categorías la cuales son: No Tóxica, Levemente, Moderadamente, Tóxica y Muy Tóxica.

Para el ensayo *Vibrio fischeri*, los sitios MO1, LR2 y LR3 presentaron niveles en la categoría de Muy Tóxica y AMO 1 y LR1 Levemente Tóxica. Los restantes sitios no presentaron toxicidad.

Para *Daphnia magna* e *Hydra attenuata* todos los sitios estuvieron en la categoría No Tóxica.

### Relevamiento de fauna asociada al Lago

La importancia de conocer los aspectos biológicos de las especies acuáticas radica en la necesidad de contar con información para evaluar las adaptaciones y tolerancia en ambientes acuáticos y humedales manejados por el hombre y, a la vez, mitigar los efectos negativos que pudieran generar la transformación de los ecosistemas naturales. El parque Rivera es una de los parques urbanos con mayor vida silvestre. Conviven una gran cantidad de plantas y árboles (la gran mayoría especies exóticas), así como también una interesante variedad de aves que hacen del mismo un entorno natural ideal que merece ser conservado a largo plazo.

Este relevamiento tiene como objetivo principal complementar al manejo integrado de un curso de agua dulce que funciona como un gran ecosistema. Para lograr esto se realizó un relevamiento y seguimiento de las especies de fauna (principalmente aves) que se encuentran en el lugar, como complemento a los análisis de agua que se realizan de rutina.

A continuación se detallan algunas de las especies registradas siguiendo un criterio taxonómico por familia, y algunos aspectos biológicos importantes a tener en cuenta.



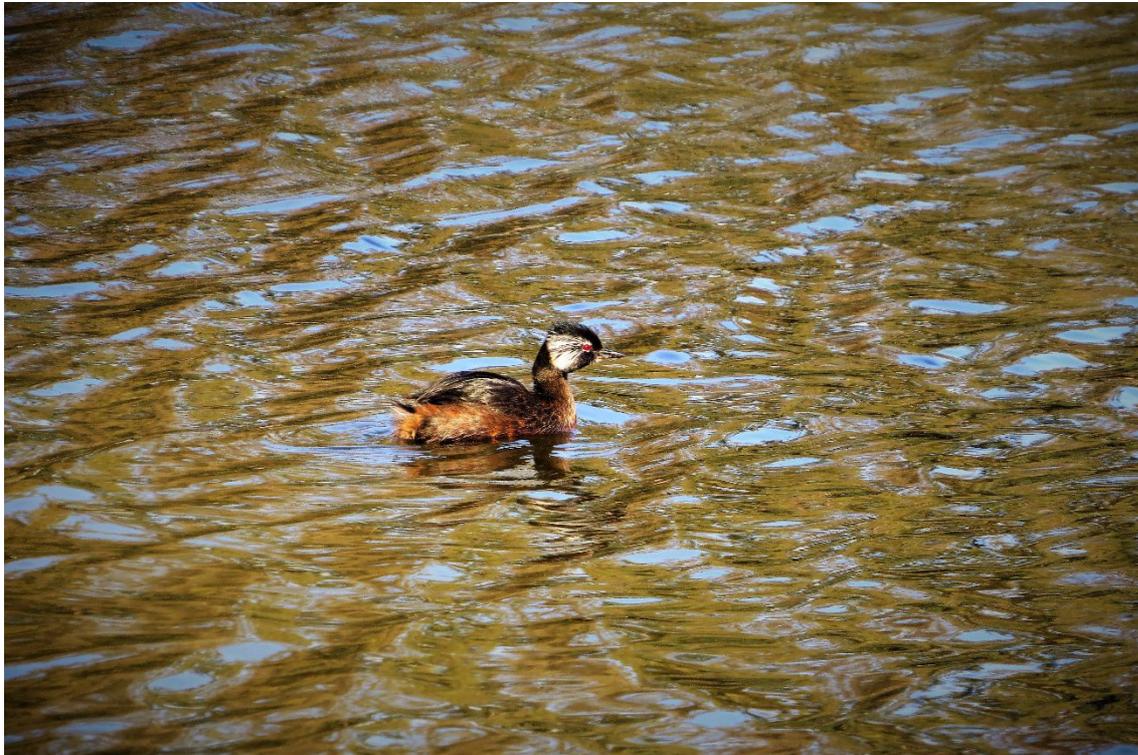
**Orden Podicipediformes. Familia Podicipedidae**



**Figura 18.** Macá de pico grueso (*Podilymbus podiceps*)

Es una especie común en diversos ambientes acuáticos. No es gregario a diferencia de otros macáes. Se sumergen cuando se sienten amenazados.

Nidificación: Esta especie pone 4-5 huevos en nidos flotantes contruidos con vegetación acuática, utilizando restos de plantas o juncos, e incluso vegetación sumergida. En el lago del Parque, encontramos sitios ideales para su nidificación, y aunque el nido es difícil de encontrar, podemos afirmar con certeza que esta especie se reproduce exitosamente en el área ya que se han reportado muchas observaciones junto con pichones.



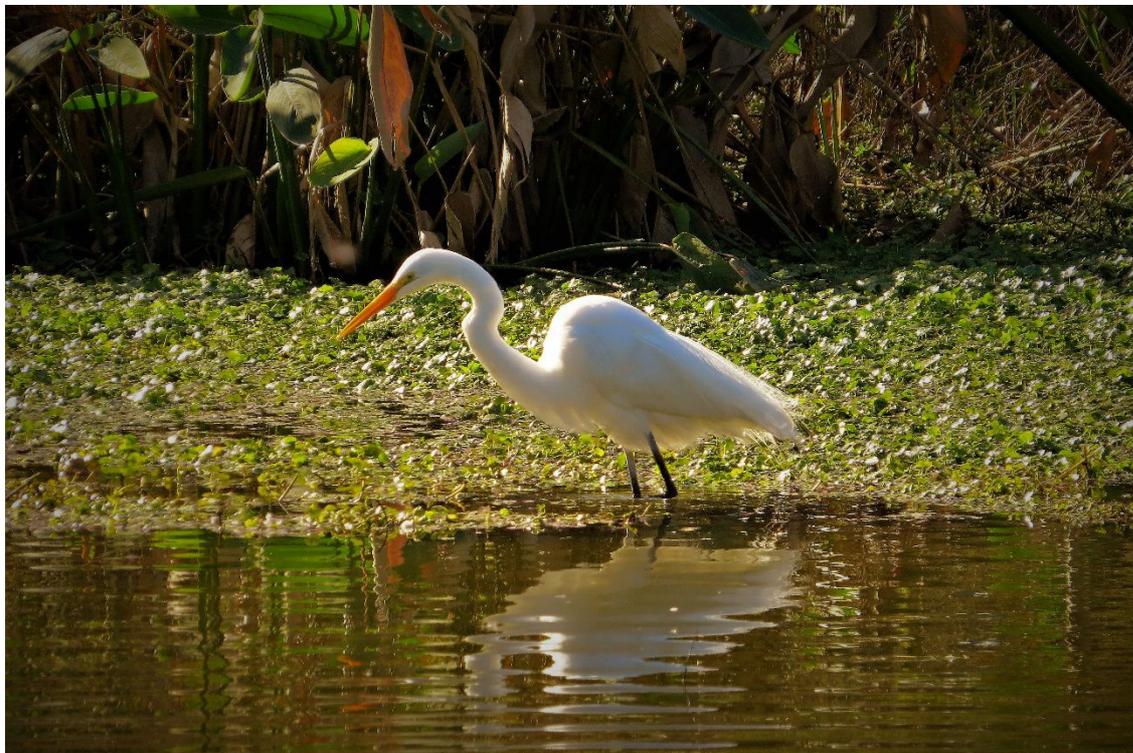
**Figura 19.** Macá común (Rollandia rolland)

Al igual que otras especies de esta familia, se alimentan buceando, se zambullen y reaparecen a cierta distancia. Se lo puede ver solos, en parejas, o en grupos muy numerosos. Es una especie muy común en ambientes acuáticos diversos, con o sin vegetación flotante, incluso es frecuente en la costa.

Nidificación: Suelen construir nido flotante anclado a la vegetación emergente (juncos, totoras, etc).



**Orden Pelacaniiformes. Familia Ardeidae**



**Figura 20.** Garza blanca grande (*Ardea alba*)

Común, en ambientes acuáticos diversos. Generalmente solitaria, aunque a veces se la puede observar en grupos numerosos en sitios donde hay abundancia de alimento.

Nidificación: Suelen nidificar en colonias multiespecíficas con otras especies de garzas, lo cual es un eficaz mecanismo antipredatorio. En el Parque Rivera, es muy probable que nidifiquen en árboles en los islotes del lago, donde además encontramos ejemplares de garza blanca chica (*Egretta thula*) y garza bruja (*Nycticorax nycticorax*).



**Figura 20.** Garza blanca chica (*Egretta thula*)

Solitaria o en grupos dispersos donde abunda el alimento. Para pescar recorren aguas someras en busca de sus presas, por lo cual es fundamental que el agua esté en condiciones adecuadas

Nidificación: Mismas características que las otras especies de garzas, nidifican en colonias compartidas con otras especies. Los islotes del lago ofician de sitios adecuados para la reproducción de esta especie.



**Figura 21.** Garza mora (*Ardea cocoi*)

Especie solitaria, la de mayor tamaño de todas las garzas presentes en Uruguay. Muy común en todo tipo de ecosistemas acuáticos, incluso en la costa.

Nidificación: Nidifica en colonias multiespecíficas. Las lagunas o lagos con bordes arbolados son descritos en varios artículos científicos como sitios propicios de nidificación para esta especie, por lo cual podemos suponer que el Parque Rivera tiene los atributos naturales necesarios para el éxito reproductivo de esta especie.

**Orden Anseriformes. Familia Anatidae**



**Figura 22.** Pato barcino (*Anas flavirostris*)

Especie común en diversos ambientes acuáticos con vegetación. Se lo puede ver en parejas o pequeños grupos, muchas veces junto a otras especies de patos como el pato brasileiro (*Amazonetta brasiliensis*) o el pato capuchino (*Anas versicolor*).

Nidificación: Este pato tiene la particularidad de nidificar en montes de Eucaliptus, frecuentemente en nidos de cotorra (*Myiopsitta monachus*). En los alrededores del lago del parque se encuentra por lo tanto, un ambiente ideal para la reproducción de esta especie.

También en un muestreo de agua de rutina se observó una pareja con 6 pichones (Fig. 23).



**Figura 23.** Pareja de pato barcino con pichones

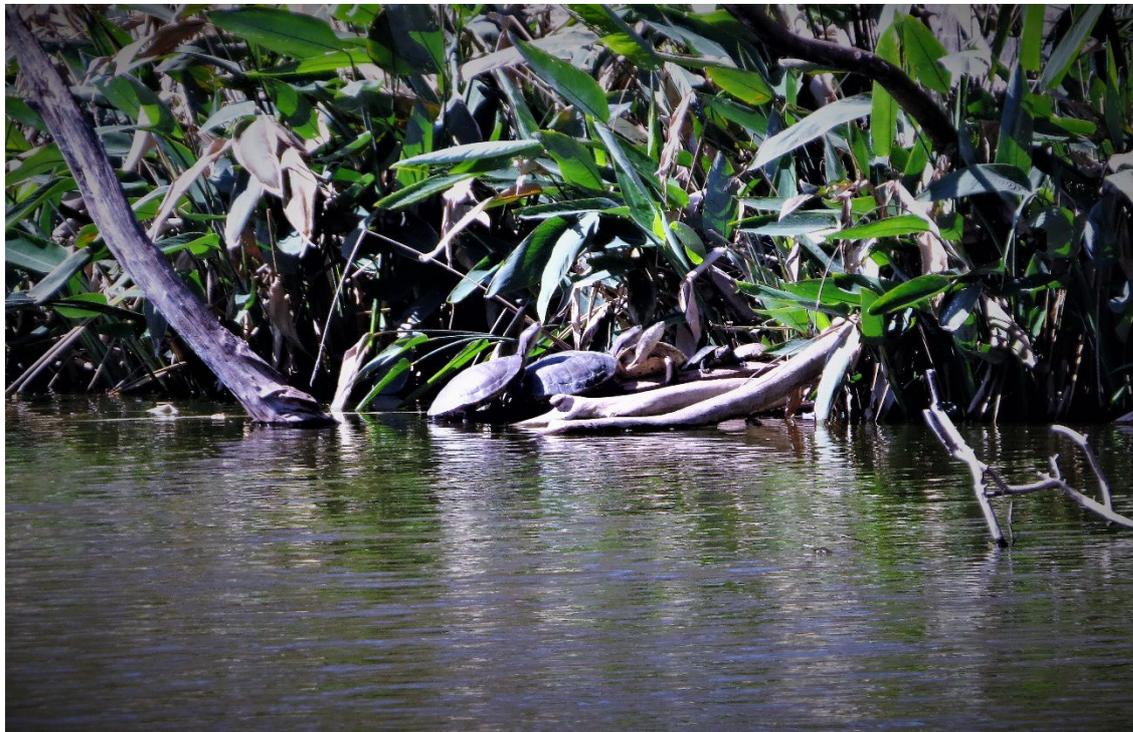


**Figura 24.** Ganso doméstico (*Anser anser*)

Especie autóctona de Eurasia y norte de África, la cual se ha extendido y asilvestrado en otras partes del mundo. Se alimentan de hierbas y brotes del suelo como se aprecia en la foto, aunque también pueden recolectar plantas flotantes del agua. Son usadas como aves ornamentales en estanques de parques de todo el mundo. Reconocidas por su comportamiento agresivo (principalmente en época reproductiva) tanto con otras especies de aves como con el ser humano.



**Orden Testudines. Familia Chelidae**



**Figura 24.** Tortuga campanita (*Phrynops hilarii*)

Este reptil, es una de las cinco especies de tortugas de agua dulce que existen en el Uruguay. Suelen asolearse en troncos sobre el agua. En la foto se las observa copulando, lo cual coincide con la información obtenida en Achaval & Olmos, 2007, que dice que las hembras ponen sus huevos en setiembre-octubre (2 a 23 huevos) y los nacimientos se producen en noviembre-diciembre.

**Conclusiones**

Se puede observar que el lago pasa por varias etapas en el año en cuanto a la calidad del agua y ésta se relaciona directamente con las lluvias y la estación.

Se pudo observar que cuando ocurren altas precipitaciones, las viviendas ubicadas al NNW del mismo vierten saneamiento a la pequeña cañada que sirve como afluente del lago (ej: 22/5/19 y 17/9/19). Esto provoca un gran aumento de la concentración de coliformes fecales detectados en los sitios de muestreo previos al lago. En los sitios dentro del lago disminuye la concentración debido al poder depurador del mismo.

Asimismo, dependiendo de la estación del año, la calidad del agua del lago se ve alterada con la llegada de la primavera-verano y el aumento de la temperatura. Al disminuir el volumen del agua que ingresa al lago, se dificulta el reciclado la misma (aumenta el tiempo de residencia), se concentran los nutrientes (fósforo y nitrógeno) provocando el crecimiento



explosivo de algas. El agua queda de color verde intenso. Esta alta concentración de algas se mantiene elevada hasta pasado el verano cuando disminuye la temperatura.

También en la temporada cálida aumenta considerablemente la cantidad de plantas acuáticas del tipo macrófitas flotantes (ej: lenteja de agua). Cuando no hay lluvias por un período prolongado y no se produce el desagote del lago, éstas alcanzan a cubrir prácticamente todo el espejo del mismo.

Durante todo el año aparecen situaciones de anoxia en el agua, con valores cercanos a cero principalmente en los sitios AMO 0, AMO 1 y AMO 2. En los sitios ubicados en el lago (LR1, LR2 y LR3) este indicador mejora considerablemente e incluso se alcanzan elevadas concentraciones en momentos de alta concentración de algas.

La clorofila *a* se relaciona directamente con la presencia de algas en el agua y se ve incrementada en los sitios de muestreo dentro del lago (LR1, LR2 y LR3) en donde alcanzan su máxima actividad.

En temporada fría disminuye la concentración de algas en el agua aumentando la transparencia.

En los últimos muestreos se ha visto que el sitio LR3 se encuentra prácticamente seco (sin agua), por lo que no se ha podido tomar muestras. Se puede apreciar que hay menos volumen de agua pero también que se ha incrementado considerablemente el contenido de sedimentos (barro). De hecho, desde que se comenzó el monitoreo se registra un aumento constante de la vegetación dentro del lago (islotos con árboles, cañas, juncos etc) disminuyendo considerablemente el área del espejo de agua y provocando la interrupción de la circulación. Los islotos son cada vez más grandes.

El Fósforo Total supera en todos los sitios y años la normativa vigente nacional y el Nitrógeno Total supera la normativa de referencia internacional.

Los aumentos de pH se relacionan con la presencia de grandes concentraciones de algas debido a la elevada actividad fotosintética.

La conductividad es extremadamente elevada en AMO 0, AMO 1 y AMO 2 reflejando un sistema altamente impactado por algún tipo de contaminante, ésta disminuye notoriamente en los sitios dentro del lago dejando en evidencia la autodepuración del mismo.

La turbiedad aumenta en la zona del lago debido a que hay un incremento del material en suspensión en el agua (materia orgánica) y también de la concentración de algas.

Con respecto al fitoplancton se encontraron en el sitio LR2 altas concentraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas. También se pudo detectar cianotoxina (Anatoxina-a) aunque con niveles muy por debajo a los exigidos para aguas de recreación.

No se reportaron muertes o alteraciones en las comunidades de la fauna (aves, anfibios (sapos y ranas) y/o reptiles (tortugas)).

Respecto a los bioensayos, hasta la fecha no se habían registrado en *Vibrio fischeri*, en el Lago Rivera ni en otros ambientes naturales monitoreados por el Servicio, valores de toxicidad en la categoría Muy Tóxica. Generalmente es Hydra el organismo más afectado.



### Referencias y bibliografía consultada

Chorus, I., & Welker, M. (Eds.). (2021). *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003081449>

Environmental Protection Agency. (2018, October 24). *Nutrient Criteria Technical Guidance Manuals*. EPA. <https://www.epa.gov/nutrient-policy-data/nutrient-criteria-technical-guidance-manuals>.

Hordeñana, J. (2016.). *Estudio paleolimnológico de un lago recientemente urbanizado :lago del Parque Rivera, Montevideo, Uruguay*. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias..

Mancini, M., Crichigno, S., Ortíz, M. & Haro, J. G. 2012. Lagos urbanos: Importancia, dinamismo y multiplicidad de usos. El caso del lago Villa Dalcar. *Biología Acuática* 27: 175-189

Novoa, M.; Luque, M. E.; Lombardo, D.; Martínez de Fabricious, A. L. 2006. Estudio ficológico de lagos urbanos artificiales del sur de la provincial de Córdoba. *Boletín Sociedad Argentina Botánica* 41 (3-4): 203-231.

USEPA (2016). United States Environmental Protection Agency. FINAL Integrated Water Quality Assessment for Florida: 2016 Sections 303(d), 305(b), and 314 Report and Listing Update Division of Environmental Assessment and Restoration Florida Department of Environmental Protection.

WHO (2020). Cyanobacterial toxins: Anatoxin-a and analogues; Cylindrospermopsins; Microcystins; Saxitoxins. Background documents for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality and Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Geneva: World Health Organization. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/water-safety-and-quality/publications>.