



MINISTERIO DE TURISMO
PROVINCIA DE NEUQUÉN



Centro de Ecología Aplicada de Neuquén
Dirección de Ecosistemas Acuáticos

INFORME TÉCNICO

DIAGNÓSTICO DE AMBIENTES ACUÁTICOS DE LA RESERVA NATURAL URBANA COTESMA

SAN MARTÍN DE LOS ANDES

Participantes de este estudio

Pablo Hualde
Mariela Demicheli
Leandro Castiñeira
Jorge Kuroda
Katya Albarrán
Pamela Novarese
Laura Portuze
Valeria Jursky
Lucila Herbert
Mercedes Iummato
Pablo Gregorio
Mariel Ruiz Blanco
Ricardo Nogara
Leandro Torres

Año 2024



INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico está destinado a la Asociación Civil Conservación Patagónica (ACP) y a la RNU Cotesma en el marco del proyecto conjunto “Monitoreo de ambientes lénticos de la Reserva Natural Urbana Cotesma” llevado a cabo por el CEAN, el Laboratorio de Ecotoxicología Acuática de INIBIOMA - CONICET, ACP y la RNU.

El objetivo del proyecto es conocer las características físico-químicas del agua y la diversidad del fitoplancton y la fauna acuática del sistema de lagunas de la Reserva Natural Urbana Cotesma. Para tal fin, se pautaron tareas de campo destinadas a tomar muestras de los diversos ambientes de la reserva. En el trabajo se incluyeron los arroyos afluente y efluente del sistema hídrico, para observar similitudes y diferencias entre ellos e interpretar los aportes y/o impactos que todo este sistema hídrico sostiene en esa extensa zona de mallines afectada por la creciente urbanización circundante.

En este informe se presentan los resultados del muestreo diagnóstico.

METODOLOGÍA

Descripción de Sitio

Se determinaron cuatro sitios de muestreo, que se describen en la Tabla 1. Dos sitios corresponden a ambientes lóticos, a saber, el arroyo Chapelco Chico que alimenta al sistema, y el canal efluente que forma parte del arroyo Calbuco. Los otros dos sitios corresponden a ambientes lénticos: la Laguna 1 del Mirador Golondrinas y la Laguna 2, de la Caseta de observación. En las lagunas se determinaron variables de calidad del agua, macroinvertebrados bentónicos y composición del fitoplancton, mientras que en los ambientes lóticos sólo se evaluó la calidad del agua (Figura 1).

La toma de muestras se realizó el día 15 de diciembre de 2022.

Tabla 1: Nomenclatura y descripción de los sitios y estaciones de muestreo

Sitio	Estación	Descripción
1	A° Chapelco Chico - Afluente	Afluente del sistema de lagunas ubicado en el callejón de Torres. Curso de agua con corriente.
2	Laguna 1 Mirador Golondrinas	Sitio de muestreo de fondo en aguas quietas.
		Sitio de muestreo en zonas de juncales en orilla.
3	Laguna 2	Sitio de muestreo de fondo en aguas quietas.



	Caseta de observación	Sitio de muestreo en zonas de juncales en orilla.
4	Efluente sistema RNU	Efluente del sistema de lagunas ubicado dentro del predio de la Reserva. Curso de agua con corriente.

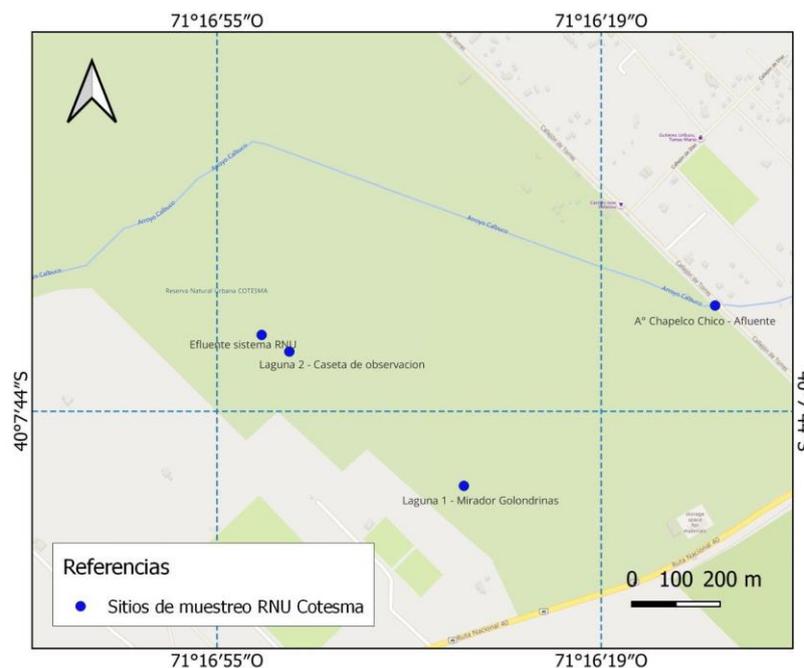


Fig 1: Mapa del área de la RNU Cotesma y su sistema hídrico: Afluente A° Chapelco Chico (sitio 1), laguna 1 Mirador Golondrinas (sitio 2), laguna 2 Caseta de observacion (sitio 3) y efluente del sistema RNU (sitio 4)

Mediciones *in situ*

Para la caracterización fisicoquímica, se registraron los siguientes parámetros *in situ*: temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto, transparencia y turbidez, de acuerdo a los procedimientos establecidos a continuación.

Temperatura: Se registraron la temperatura del aire y del agua en °C, y la hora. Para el registro de la temperatura del aire se utilizó un termómetro de alcohol ubicado bajo sombra y la temperatura del agua fue registrada con la sonda del conductímetro. La temperatura es una variable que se ve afectada en función de la hora del día, debido a esto es importante registrar la hora exacta de la toma de datos.

Conductividad: Se utilizó un Conductímetro Oakton Waterproof modelo ECTestr11+.



pH: Se utilizó un pH-metro de escala colorimétrica ADVANTEC utilizando azul de bromotimol.

Oxígeno Disuelto: Se registró a través de un medidor portátil marca Milwaukee modelo MW600 tipo polarográfico con una resolución de 0,1 ppm.

Transparencia: Este parámetro fue medido con Disco de Secchi.

Turbidez: Se utilizó el equipo 2100P Turbidímetro HACH 46500-00.

Toma de muestras para análisis químicos

De cada uno de los sitios de muestreo se extrajeron 1 litro de agua para realizar los análisis químicos y volúmenes variables para cuantificación de clorofila. Antes de tomar la muestra, cada envase fue enjuagado con agua del sitio. Las muestras de agua fueron tomadas lejos de la orilla y a profundidad media.

Las muestras de agua fueron procesadas dentro de las seis horas de la siguiente manera:

- 500 ml sin filtrar se colocaron en un frasco plástico para análisis de PT y NT; se conservaron congeladas hasta su análisis.
- 500 ml de agua se filtraron mediante filtro GF/C y se conservaron congeladas para determinación de fósforo reactivo soluble, nitritos y nitratos en el laboratorio.
- Se filtraron volúmenes variables de agua mediante filtro GF/C para determinación de clorofila; cada filtro fue cubierto con papel metálico y conservado en freezer para su análisis en laboratorio.

Análisis químicos

Clorofila a: Se analizó por el método espectrofotométrico con corrección de feopigmentos, Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th ed. APHA AWWA, WEF 1992.

Fósforo Reactivo Soluble: Método del ácido ascórbico (espectrofotométrico), Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th ed. APHA AWWA, WEF 1992. (4500-P B 1y 4500-P E).

Fósforo Total: Método del ácido ascórbico (espectrofotométrico), previa digestión con ácido sulfúrico y persulfato de potasio o amonio, Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th ed. APHA AWWA, WEF 1992 (4500-P B 2 y 5 y 4500-P E).

Nitritos: Método colorimétrico (Diazotización) Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th ed. APHA AWWA, WEF 1992(4500-NO2B).



Nitratos: Método colorimétrico (Diazotización) reducción por columna de cadmio de nitratos a nitritos. Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th ed. APHA AWWA, WEF 1992. (4500-NO3 E).

Nitrógeno Total: Método de oxidación básica (persulfato de potasio) y reducción de nitratos a nitritos (espectrofotometría)

Evaluación de poblaciones juveniles de peces y organismos bentónicos

Para la captura de peces alevinos y juveniles se empleó una red de arrojar, o *casting net*, circular de 4 m de radio y 15 mm de apertura de malla. El número de lances con la red de arrojar en cada sitio de muestreo fue registrado para calcular la superficie cubierta según la eficiencia del operador.

En cada ambiente léntico (Lagunas 1 y 2) se colectaron tres muestras de macroinvertebrados bentónicos con una draga tipo Ekman de 20cm de apertura de boca. Se dejó caer la draga desde la superficie y posteriormente fue izada para depositar la muestra en un recipiente. Las muestras colectadas fueron vertidas y filtradas en una malla de 250 micras de luz de malla para eliminar los sedimentos finos. Las muestras fueron rotuladas y conservadas con formaldehído 40 % al 4% para su procesamiento en laboratorio separando los organismos por orden y/o familia, bajo lupa estereoscópica.

Los individuos de cada grupo de organismos fueron contabilizados y pesados en balanza de precisión (0,001 g). Se calcularon las composiciones porcentuales y abundancias absolutas (número y biomasa de individuos) y relativas (n ind/m² y g ind/m²) de los órdenes de macroinvertebrados por sitio.

Análisis del fitoplancton de las Lagunas 1 y 2

Se tomaron muestras para el análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton. Las muestras cualitativas se concentraron con una red de fitoplancton de 20 µm de poro y se observaron en un microscopio óptico sin el agregado de conservante. Las muestras cuantitativas (sin concentrar) fueron fijadas en lugol acético 1% y conservadas en frío y oscuridad hasta su análisis. El recuento celular se realizó empleando un microscopio invertido, según el método de Utermöhl (1958).

Se determinó el género de las algas y cianobacterias presentes en cada laguna, y se agruparon según su grupo funcional, de acuerdo a lo propuesto por Reynolds (2002) y Padisak (2009). La abundancia del fitoplancton se expresó como células/mL.



RESULTADOS

ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA y PARÁMETROS AMBIENTALES

Tabla 2 Descripción de las variables ambientales y fisicoquímicas de la calidad de agua en las las dos lagunas y tributarios afluentes y efluentes en la Reserva Natural Urbana Cotesma, San Martín de los Andes.

SITIO	1	2	3	4
	Arroyo Chapelco Chico	Laguna 1 Mirador Golondrinas	Laguna 2 Caseta de observación	Canal de salida
Hora	9:56	-	11:11	11:50
Temp ambiental (°C)	15.5	-	20	19
Temp agua (°C)	11.5	21	16.8	18.8
pH	7.2	7.1	6.9	7.2
Conductividad (µS/cm)	154.3	162.5	158.1	150.8
Oxígeno disuelto (mg/l)	8.8	7.3	9.8	9.4
Turbidez (NTU)	6.59	7.38	8.12	4.58
Profundidad (cm)	Lodo	-	-	35
	Fondo	-	-	46
PRS (µg/l)	19.26	19.59	18.60	14.16
Fósforo total (µg/l)	23.27	61.67	24.74	24.53
Nitritos (µg/l)	1.98	1.88	1.83	2.13
Nitratos (µg/l)	9	N/C	N/C	N/C
Nitrógeno total (µg/l)	130.99	288.82	70.86	84.01
Clorofila a (mg/m ³)	0.92	4.08	0.92	2.29
Feopigmentos (mg/m ³)	1.15	1.79	0.95	0.88

(-) sin datos - (N/C) no cuantificable



EVALUACIÓN DE POBLACIONES JUVENILES DE PECES Y ORGANISMOS BENTÓNICOS

Los muestreos realizados con redes de arrojar en el afluente y el efluente de las lagunas, en sitios de aguas en movimiento (Sitios 1 y 4), no obtuvieron capturas. Así mismo, se exploró con el mismo método en orillas de la Laguna 2, donde tampoco hubo capturas de peces. No obstante, durante procedimientos de colecta de muestras de calidad de agua, se observó la presencia de un individuo de trucha marrón adulto en el fondo de la laguna.

Organismos Bentónicos

Se procedió al análisis de una muestra, de material del fondo de la Laguna 1, zona centro, que demandó 22 horas de acondicionamiento, observación y separación bajo lupa estereoscópica de los organismos, que posteriormente fueron contados y pesados. Los resultados de la composición y abundancia fueron los siguientes:

Los Taxones presentes fueron:

Annelida - Hemiptera - Diptera - Gastropoda - Acarii - Insectos terrestres

Tabla 3. Análisis de la composición de una muestra de material del fondo de la Laguna 1, zona centro. Conteo cuantitativo (número) y biomasa (gramos) de macroinvertebrados bentónicos hallados. Reserva Natural Urbana Cotesma, San Martín de los Andes.

Orden	Familia	Nº Individuos	Biomasa (g)
Annelida	Naididae	9	0.024
Hemiptera	-	3	0.004
Diptera	Chironomidae	64	0.268
Gastropoda	Planorbidae	1	0.008
Acarii	-	1	0.001
Terrestre	-	2	0.001
Total		80	0.306



Los cálculos de la abundancia expresados por unidad de superficie, son los siguientes:

Cantidad de individuos: 3,5 individuos / m²

Biomasa de individuos: 13,6 gramos / m²

COMPOSICIÓN DEL FITOPLANCTON DE LAS LAGUNAS

Géneros hallados y grupos funcionales

GRUPO	Características del hábitat y de las algas y cianobacterias que forman el grupo	LAGUNA 1	LAGUNA 2
C	Sitios mezclados eutróficos, tolerantes a la luz y deficiencia de carbono, sensibles a la deficiencia en sílice		<i>Asterionella</i>
D	Sitios someros, aguas turbias enriquecidas, tolerantes al flujo, sensibles a la escasez de nutrientes	<i>Encyonema</i> <i>Nitzschia</i> , <i>Synedra</i>	<i>Encyonema</i> , <i>Nitzschia</i> , <i>Synedra</i>
E	Sitios oligotróficos, tolerantes a la deficiencia en nutrientes, sensibles a la falta de dióxido de carbono	<i>Dinobryon</i>	<i>Dinobryon</i>
H1	Fijadoras de nitrógeno, toleran bajas concentraciones de nitrógeno y carbono, sensibles a la mezcla y a la falta de luz y deficiencia en fósforo	<i>Anabaena</i> , <i>Dolichospermum</i>	
J	Sitios someros y enriquecidos, sensibles a la poca luz	<i>Pediastrum</i>	



MP	Sitios someros, turbios y mezclados	<i>Cocconeis,</i> <i>Cymbella,</i> <i>Gomphonema,</i> <i>Gomphoneis,</i> <i>Navicula,</i> <i>Roicosphenia,</i> <i>Rophalodia,</i> <i>Stauroneis,</i> <i>Cymatopleura</i> <i>Diatoma</i> <i>Pinnularia</i>	<i>Hannaea,</i> <i>Cocconeis,</i> <i>Cymbella,</i> <i>Epithemia;</i> <i>Gomphonema,</i> <i>Gomphoneis,</i> <i>Navicula,</i> <i>Roicosphenia,</i> <i>Rophalodia,</i> <i>Stauroneis,</i> <i>Surirella,</i> <i>Oscillatoria,</i> <i>Cymatopleura</i> <i>Diatoma</i> <i>Pinnularia</i>
N	Sitios superficiales mesotróficos, tolerantes a deficiencia de nutrientes y sensibles a aumentos en el pH		<i>Tabellaria</i>
P	Sitios superficiales eutróficos, tolerantes a la luz tenue y deficiencia de carbono, sensibles a la deficiencia en sílice	<i>Fragilaria,</i> <i>Closterium</i>	<i>Aulacoseira,</i> <i>Fragilaria,</i> <i>Melosira</i>
S1	Sitios turbios mezclados, tolerantes a una alta deficiencia de luz, sensibles al flujo del agua	<i>Planktothrix,</i> <i>Pseudoanabaena</i>	<i>Planktothrix,</i> <i>Pseudoanabaena</i>
T	Sitios bien mezclados, tolerantes a la deficiencia de luz, sensibles a la deficiencia en nutrientes		<i>Moeugeotia</i>
Tc	Aguas con poco movimiento, eutróficas	<i>Lyngbya</i>	<i>Phormodium</i>
W1	Sitios con materia orgánica, toleran alta concentración de materia orgánica	<i>Euglena, Phacus,</i> <i>Lepocinclis</i>	<i>Euglena,</i> <i>Lepocinclis</i>
W2	Sitios mesotróficos someros	<i>Trachelomona</i>	<i>Trachelomona</i>



Ws	Sitios ricos en materia orgánica proveniente de descomposición de materia vegetal	<i>Synura</i>
----	---	---------------

ABUNDANCIA Y RIQUEZA DEL FITOPLANCTON DE LAS LAGUNAS

	LAGUNA 1	LAGUNA 2
Riqueza de especies de cada grupo	Diatomeas: 20 Euglenofitas: 7 Cianobacterias: 6 Clorofitas: 3 Crisofitas: 1	Diatomeas: 30 Euglenofitas: 4 Cianobacterias: 3 Clorofitas: 1 Crisofitas: 3
Abundancia de especies de cada grupo (cel/ml)	Diatomeas: 211 Clorofitas: 84 Euglenofitas: 40 Crisofitas: 4	Diatomeas: 100 Clorofitas: 0,29 Euglenofitas: 0,43 Crisofitas: 0,43 Cianobacterias: 4



CONSIDERACIONES FINALES

1. Existe una diferencia notable en los parámetros de calidad de agua entre las lagunas de la RNU Cotesma. Se observan valores de temperatura, conductividad, Fósforo total, Nitrógeno total y clorofila a comparativamente altos en la Laguna 1 (Mirador golondrinas) respecto a la Laguna 2 (Caseta de observación). Estas diferencias serán analizadas y relacionadas con los factores biológicos en el marco de talleres continuos entre las instituciones intervinientes.
2. Ictiofauna: si bien no se registraron capturas con la metodología utilizada, dada las características de la laguna 2 y su relevancia para la observación de aves, se sugiere realizar capturas con otros métodos como la pesca eléctrica. Este es un método que no provoca disturbios en el medio acuático ya que aquellos individuos que se capturen pueden ser devueltos vivos al medio. Como alternativa, el uso de nasas que operen en forma pasiva puede ser complementaria al primero.
3. Se observó la presencia de un individuo adulto de trucha marrón de una longitud aproximada de 40 cm en una de las lagunas.
4. El análisis de solo una muestra de macroinvertebrados bentónicos arrojó una abundancia de 3,5 individuos/m² representando una biomasa de 13,6 gramos/m² para la Laguna 1. Este resultado es parcial y debe ser apoyado estadísticamente con las muestras restantes.
5. Respecto al análisis de muestras de organismos bentónicos, que demandan tiempo por contener grandes cantidades de vegetación y lodo, se propone realizar un taller para indicar los procedimientos de análisis de las muestras en laboratorio. El Departamento de Ecología Acuática del CEAN facilitará la explicación de cómo y qué organismos se pueden hallar en el análisis de las muestras.
6. Los distintos géneros de algas y cianobacterias hallados en las lagunas en general se encuentran, considerando la agrupación por grupos funcionales, en ambientes mesotróficos y eutróficos con alta turbidez. Esto se condice con los valores de turbidez registrados para las lagunas y con el índice de trofismo propuesto por Carlson (1977). Para la Laguna 1, este índice, considerando el valor de fósforo total, resultó ser de 61,67, mientras que para la Laguna 2, resultó ser de 50,43. Considerando este índice, los cuerpos de agua con valores que se encuentran entre 40 y 60 se consideran mesotróficos, mientras que los cuerpos de agua con valores mayores a 60 se consideran eutróficos. La Laguna 1 se consideraría eutrófica, mientras que la Laguna 2 se consideraría mesotrófica.
7. La Laguna 1 presentó una mayor abundancia de algas en general y una mayor diversidad de euglenofitas, mientras que la Laguna 2 presentó una mayor diversidad de diatomeas. Las euglenofitas son algas que se relacionan con la presencia de materia orgánica en la columna de agua. La mayor abundancia de algas (en particular de euglenofitas) en la Laguna 1 podría



relacionarse con el nivel de nutrientes más alto y, probablemente, con una mayor concentración de materia orgánica, en comparación con la Laguna 2.

8. Se sugiere trabajar en los datos actuales teniendo en cuenta el trabajo previo “La Educación Ambiental en la Reserva Natural Urbana de San Martín de los Andes: informe final 2018” Coordinado por la Profesora Patricia Barbieri con la participación de los profesores Mónica Pose, Andrés Rey, Claudio Rucci y alumnos de segundo año del profesorado en Biología del IFD n° 3 de San Martín de los Andes.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- APHA (1992) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington DC.
- Baird R. B., Eaton A. D. & Rice E. W. (2017) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. ed.
- Barbieri P., Pose M., Rey A., Rucci C. y alumnos de segundo año del profesorado en Biología del IFD n° 3 (2018) La Educación Ambiental en la Reserva Natural Urbana de San Martín de los Andes: informe final 2018. San Martín de los Andes, Argentina.
- Carlson R. E. (1977) A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361-369.
- Dominguez E., Molineri C. Nieto C. (2009) Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. *Sistemática y Biología.*
- Padisák J., Crossetti L. O. & Naselli-Flores L. (2009) Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621: 1–19.
- Reynolds C. S., Huszar V. L. M., Kruk C., Naselli-Flores L. & Melo S. (2002) Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417–42
- Utermöhl M. (1958). *Verh. int. Ver. Limnol.*, 9:1-38.