



**MUESTREO DE AGUAS Y SEDIMENTOS EN EL LAGO NAHUEL HUAPI,
RELACIONADO CON LA DESCARGA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
EFLUENTES CLOACALES DE SAN CARLOS DE BARILOCHE.**

Autores: Baffico Gustavo y Temporetti Pedro

Noviembre 2016

Muestreo de aguas y sedimentos en el lago Nahuel Huapi, relacionado con la descarga de la planta de tratamiento de efluentes cloacales de San Carlos de Bariloche.

Solicitante: Departamento Provincial de Aguas, Delegación San Carlos de Bariloche.

Ejecutor del trabajo: Grupo de Calidad de Aguas y Recursos Acuáticos, Centro Regional Universitario Bariloche, **Universidad Nacional del Comahue** e Instituto en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA), **CONICET**.

Responsables técnicos del trabajo: Dr. Gustavo Baffico y Dr. Pedro Temporetti.

A solicitud del DPA, se realizó un muestreo de aguas y sedimentos en el lago Nahuel Huapi en sitios considerados de interés, en relación a la zona de descarga de la Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales. A continuación, se describe la metodología de muestreo, los análisis de las muestras colectadas y los resultados obtenidos.

Sitios y fechas de muestreo:

La Figura 1 muestra los sitios seleccionados para la toma de las muestras de agua y sedimentos. Las coordenadas geográficas, la identificación de los sitios y las fechas de muestreo, son mostradas en la Tabla 1.



Figura 1: Sitios de Muestreo

	Latitud (S)	Longitud (O)	Fecha muestreo Aguas	Fecha muestreo Sedimentos
S1A (caño)	41° 7' 26.0"	71° 15' 20.4"	23/08/2016	08/09/16
S1B (veril)	41° 7' 27.8"	71° 15' 27.4"	23/08/2016	08/09/16
S2 (control)	41° 4' 7.5"	71° 14' 25.0"	23/08/2016	08/09/16
S3 (Bo. Las Chacras)	41° 6' 0.5"	71° 11 '43.7"	23/08/2016	08/09/16
S4 (alt. Calle Italia)	41° 7' 33.1"	71° 17' 0.6"	23/08/2016	08/09/16

Tabla 1: Coordenadas geográficas y fechas de muestreo en cada sitio

El muestreo se hizo con el apoyo, en la navegación, de Prefectura Naval Argentina, Delegación Bariloche. Originalmente, se planteó realizar el muestreo de aguas y sedimentos el mismo día, pero dadas las características de los sedimentos en los 5 sitios seleccionados, el equipamiento utilizado no permitió coleccionar las muestras el mismo día que las de agua. Por lo tanto, se decidió realizar la colección de las muestras de sedimentos mediante buceo autónomo 16 días después (ver metodología de extracción

de las muestras de sedimentos) debido a la necesidad de coordinar con Prefectura este nuevo muestreo.

Metodologías de Muestreo y mediciones *in situ*:

a) Muestreo de Aguas:

Las muestras de agua fueron colectadas, en los sitios S1A, S1B, S2 y S3, con una botella tipo Van Dorn tanto en superficie como en fondo. Un volumen total de 5 L de agua fue colectado en cada sitio y se almacenó en bidones plásticos previamente lavados según las recomendaciones de APHA (1995). Los bidones fueron transportados en oscuridad hasta su llegada al laboratorio. En cada muestra se midieron *in situ*, temperatura del agua, pH y conductividad eléctrica ambos con equipos Thermo Orion y electrodos específicos con compensación automática de temperatura. La Tabla 2 muestra los resultados de las mediciones realizadas.

	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)
S1 A Superficie	----	8,4	6,81	51,0
S1 A Fondo	5	8,4	6,85	51,6
S1 B Superficie	----	8,3	6,84	35,6
S1 B Fondo	35	8,3	6,75	35,7
S2 Superficie	----	8,7	7,47	35,7
S2 Fondo	9	8,6	7,2	35,8
S3 Superficie	----	8,5	7,16	35,9
S3 Fondo	10	8,3	7,14	36,0

Tabla 2: Valores de profundidad, temperatura, pH y Conductividad en las muestras de agua de los 4 sitios muestreados.

b) Muestreo de Sedimentos:

Las muestras de sedimento fueron colectadas en los 5 sitios por medio de buceo autónomo realizado por el personal de Prefectura Naval Argentina (Foto 1).



Foto 1: Colección de muestras de sedimentos mediante buceo autónomo.

En todos los sitios se extrajeron manualmente dos testigos con un tubo de acrílico de x cm de diámetro. Los mismos se colocaron en bolsa plástica integrando ambos testigos en una sola muestra. Todas las muestras fueron conservadas en frío y oscuridad hasta su procesamiento en el laboratorio. En la Foto 2, se muestran los testigos extraídos en cada sitio, en los que se puede apreciar el largo de cada uno.



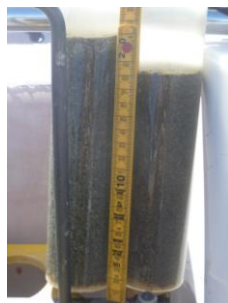
Sitio 1 A



Sitio 1 B



Sitio 2



Sitio 3



Sitio 4

Foto 2: Comparación de los testigos de sedimentos extraídos en cada sitio.

Metodología Analítica:

a) Muestras de Agua:

Una sub muestra de agua fue filtrada a través de filtros de membrana de 0,45 μm de poro y almacenada en frasco plástico, en frío y oscuridad hasta su posterior análisis de las fracciones disueltas de los nutrientes. Otra sub muestra fue almacenada, sin filtrar, en frasco plásticos en frío y oscuridad para el análisis de las fracciones totales de nutrientes. Por otro lado, un volumen de entre 3 y 4 L de agua fueron filtrados a través de filtros de fibra de vidrio de 1,2 μm de poro para el análisis de Clorofila **a**. Los siguientes análisis fueron realizados sobre las muestras de agua filtrada y sin filtrar de cada sitio:

Nitrógeno Total (NT): digestión (Grasshoff et al., 1983) y valoración de $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$ por reducción en columna de cadmio y diazotización (APHA, 1995).

Fósforo Total (PT): digestión ácida y posterior valoración del fósforo solubilizado por reducción del complejo fosfomolibdico con ácido ascórbico (Golterman et al., 1978).

Fósforo Reactivo Soluble (PRS): reducción del complejo fosfomolibdico con ácido ascórbico (Golterman et al., 1978).

Nitrógeno de nitratos (N-NO_3^-): determinación de $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$ por reducción en columna de cadmio y diazotización (APHA, 1995). Diferencia entre $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$ y N-NO_2^- .

Nitrógeno de Amonio (N-NH_4^+): método del azul-indofenol (APHA, 1995).

Clorofila a: extracción con acetona 90 % y espectrofotometría con corrección por feopigmentos (APHA, 1995).

b) Muestras de Sedimentos:

Sobre las muestras de sedimentos se midieron, inmediatamente llegadas al laboratorio, pH y Potencial Redox (Equipo Orion 920 A con electrodos específicos). Los resultados de estas mediciones son mostrados en la Tabla 3.

	Profundidad extracción corer (m)	Largos de los corer (cm)	pH	Potencial Redox (mV)
S1 A	4,5	27 y 21	5,93	+171,9
S1 B	26,0	23 y 50	6,44	+155,2
S2	21,0	30 y 35	6,93	+75,2
S3	9,0	21 y 18	6,49	+248,0
S4	23,0	31 y 34	7,19	+277,7

Tabla 3: Profundidades de extracción, largo de los testigos, pH y Potencial Redox en cada muestra de sedimento.

Posteriormente, las muestras fueron secadas en estufa a 60 °C. Una fracción de sedimento seca se destinó para la determinación de la granulometría. Para este análisis se utilizó una batería de tamices de 2 mm (Newark, ASTM N° 10 U.S.A. Standard Series Sieves) 1mm (Newark, ASTM N° 18 U.S.A. Standard Series Sieves) y 0,25 mm (Newark, ASTM N° 60 U.S.A. Standard Series Sieves). Cada fracción que quedó en el tamiz fue pesada y se calculó el porcentaje de las siguientes fracciones: Arena gruesa (>2 mm), Arena media (2-1 mm), Arena fina (1-0,25 mm) y. Las fracciones de Arena muy fina (0,25-0,05 mm), Limo (0,05-0,002 mm) y Arcilla (<0.002 mm) se determinaron por el método del densímetro (Forsythe, 1985). Otra fracción de cada muestra fue tamizada por un tamiz de 500 µm de malla (Newark, ASTM N° 36 U.S.A. Standard Series Sieves) para eliminar la fracción gruesa menos reactiva. Sobre esta fracción se realizaron los siguientes análisis químicos:

- a) **Fósforo Total (PT):** Se determinó a partir de una digestión con H₂SO₄ concentrado y peróxido de hidrógeno (H₂O₂) 30% (Carter, 1993). Después de la digestión se determinó el contenido de Fósforo Reactivo Soluble (**PRS**) de acuerdo a la metodología propuesta por Murphy y Riley (1962).
- b) **Nitrógeno Total (NT):** Se determinó por el método de Kjeldahl (APHA, 1995). Una alícuota de sedimento fue digerida en un digestor con ácido sulfúrico concentrado el cual destruye la materia orgánica de la muestra y reduce el nitrógeno orgánico a amoníaco. El amonio, retenido como bisulfato de amonio, se determinó por destilación alcalina y titulación.

c) **c) Materia Orgánica (MO)**: Fue determinado por el método de pérdida de masa por ignición (LOI) después de calcinar las muestras durante 4 hs a 550°C (APHA, 1995).

Resultados:

a) Aguas:

La Tabla 4 muestra las concentraciones medidas en las muestras de agua en los 4 sitios tanto en superficie como en fondo. Los límites de detección para cada uno de los parámetros medidos son: PT = 10 µgP/L; PRS = 2 µgP/L; NT = 50 µgN/L; NO₃⁻ = 5 µgN/L y NH₄⁺ = 5 µgN/L

	PT (µg P/L)	PRS (µg P/L)	NT (µg N/L)	N-NO ₃ ⁻ (µg N/L)	N-NH ₄ ⁺ (µg N/L)	clorofila (mg cl.a /m ³)	feopigmentos (mg feop/m ³)
S1 A	41	32,4	855	11,2	725,4	0,47	0,45
S1 A Fondo	46,0	34,9	910	10,4	848,8	0,42	0,34
S1 B	< 10 (7)	2,6	50	11,4	8,1	0,49	0,31
S1 B Fondo	<10 (9)	2,0	53	10,9	6,9	0,45	0,35
S2 Superficie	< 10 (8)	< 2 (0,6)	53	8,3	5,0	0,50	0,45
S2 Fondo	<10 (8)	< 2 (1,6)	62	9,8	5,8	0,43	0,33
S3 Superficie	10,5	< 2 (1,2)	95	10,9	7,7	0,33	0,19
S3 Fondo	<10 (9)	< 2 (1,6)	69	10	9,2	0,56	0,35

Tabla 4: Concentraciones de nutrientes totales y disueltos, clorofila a y feopigmentos en las muestras de agua.

b) Sedimentos:

La Tabla 5 muestra los resultados de la granulometría de los sedimentos de las 5 muestras analizadas.

	% Arena Gruesa > 2 mm	% Arena Media 2 - 1 mm	% Arena Fina 1 - 0,25 mm	% Arena muy fina 0,25 - 0,05 mm	% Limo 0,05 - 0,002 mm	% Arcilla < 0,002 mm
S1 A	25,50	43,76	12,46	18,16	0,001	0,13
S1 B	40,70	37,72	14,93	6,41	0,000	0,24
S2	12,23	6,47	24,44	56,55	0,012	0,30
S3	1,04	7,80	85,39	5,48	0,000	0,29
S4	12,53	2,36	17,07	67,70	0,015	0,34

Tabla 5: Composición granulométrica de las muestras de sedimentos.

Finalmente, en la Tabla 6 se muestran las concentraciones de nutrientes (P y N) y de materia orgánica de las muestras de sedimentos en los 5 sitios.

	PT ($\mu\text{g/g p.s}$)	NT ($\mu\text{g/g p.s}$)	Materia Orgánica (%)
S1 A	771	151	1,4
S1 B	516	399	2,4
S2	331	639	3,0
S3	367	< 100	1,0
S4	565	868	4,6

Tabla 6: Concentraciones de nutrientes y materia orgánica en las muestras de sedimentos

Bibliografía:

APHA. 1995.- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Ed. American Public Health Association, Washington, U.S.A. 1134 pp.

CARTER, M. (Ed.). 1993.- Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Pub., 823 pp.

FORSYTHE, W. 1985. Física de suelo. Ed. IICA, Manual de laboratorio, Serie N° 25, 46-69.

GOLTERMAN, H. L., R. CLYMO y M. OHNSTAD, 1978.- Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwater. IBP Handbook, 8, Blackwell, London.

GRASSHOFF, M., K. EHRHARDT y K. KREMLING, 1983.- Methods of sea water analysis. Grasshoff, M; Ehrhardt, K. and Kremling, K. (Ed.), 419 pp

MURPHY, J. y J. P. RILEY, 1962.- A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphate in natural Waters. Analyt. Chim. Acta., 27: 31-35.

Agradecimientos:

Al personal de la Prefectura Naval Argentina, Delegación Bariloche que realizó el apoyo logístico con la navegación en el lago para la toma de muestras, en especial al Oficial Principal Juan Carlos Mussini, Ayudante de segunda Dante García y al Ayudante de segunda Víctor Ponce, buzos que tomaron las muestras de sedimentos.