

PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE AGUAS DEL RÍO COLORADO

SUBPROGRAMA CALIDAD DEL MEDIO ACUÁTICO

INFORME FINAL

AÑO 2016

**Comité Interjurisdiccional del río Colorado
Secretaría de Energía de la Nación
Grupo Interempresario**



COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO (COIRCO)

Consejo de Gobierno

MINISTRO DEL INTERIOR, OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA	Lic. Rogelio Frigerio
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	Lic. María Eugenia Vidal
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA	Ing. Carlos A. Verna
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE MENDOZA	Lic. Alfredo Cornejo
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN	Cr. Omar Gutierrez
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	Don. Alberto E. Weretilneck

Comité Ejecutivo

PRESIDENTE

REPRESENTANTE DE LA NACIÓN Ing. Horacio R. Collado

REPRESENTANTES PROVINCIALES TITULARES Y ALTERNOS

BUENOS AIRES	Lic. Guillermo D. Baldello; Ing. Marcos J. Aragon
LA PAMPA	Ing. Javier Schlegel; Ing. Juan A. Greco
MENDOZA	Ing. Osvaldo D. Chicahuala; Ing. Sagunto S. Sanz
NEUQUÉN	Ing. Horacio Carvalho; Ing Omar Palavecino
RÍO NEGRO	Ing. Daniel A. Petri; Ing. Fernando J. Curetti

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA

MINISTRO Ing. Juan José Aranguren

SUBSECRETARÍA DE

EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN Ing. Marcos Pourteau

COMISIÓN TÉCNICA FISCALIZADORA (CTF)

Integrada por el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO) y la Secretaría de Energía y Minería de la Nación (Acta Acuerdo del Neuquén 17/03/97)

GRUPO INTEREMPRESARIO

YPF SA; Petrobras Energía SA; Pluspetrol SA; Chevron Argentina SRL; Petrolera Entre Lomas SA; Oldelval SA; Petroquímica Comodoro Rivadavia SA; Madalena Energy; Medanito SA; Petróleos Sudamericanos; Apache Energía Argentina SRL; San Jorge Petroleum SA y Compañía General de Combustibles SA

PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE
AGUAS DEL RÍO COLORADO
AÑO 2016

SUBPROGRAMA CALIDAD DEL MEDIO ACUÁTICO

AUTOR

Bioq. Ricardo Alcalde



Índice

Capítulo 1 - Calidad de aguas	1
1.1 Introducción	3
1.2 Metodología de muestreo y mediciones <i>in situ</i>	4
1.3 Metodologías analíticas	4
1.3.1 Análisis de metales y metaloides	4
1.3.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)	5
1.3.3 Ensayos ecotoxicológicos con agua	6
1.4 Resultados	8
1.4.1 Parámetros medidos <i>in situ</i> , metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)	8
1.4.2 Valores guía	35
1.4.3 Discusión	37
1.5 Ensayos ecotoxicológicos	38
1.5.1 Ensayos con <i>Daphnia magna</i>	39
1.5.1.1 Resultados	39
1.5.1.2 Discusión	40
1.5.2 Ensayos ecotoxicológicos con <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	41
1.5.2.1 Resultados	41
1.6 Conclusiones	42
Referencias	43
Capítulo 2 - Calidad de los sedimentos de fondo	45
2.1 Introducción	47
2.2 Estaciones de monitoreo	47
2.3 Metodología de muestreo	48
2.4 Metodologías analíticas	49
2.4.1 Análisis de metales y metaloides	49
2.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)	49
2.5 Ensayos ecotoxicológicos crónicos con sedimentos de fondo y evaluación de biomarcadores	50
2.6 Resultados	52
2.6.1 Análisis químico	52
2.6.1.1 Metales y metaloides	52
2.6.1.2 HAPs	54
2.7 Valores guía	56
2.8 Discusión	57
2.9 Ensayos ecotoxicológicos crónicos con sedimentos de fondo	57
2.9.1 Ensayos con <i>Hyalella curvispina</i>	57
2.9.1.1 Resultados	58
2.9.1.2 Discusión	58
2.9.2 Ensayos con <i>Vallisneria spiralis</i>	58
2.9.2.1 Resultados	59
2.9.2.2 Discusión	59
2.9.3 Evaluación de las actividades enzimáticas de guaiacol peroxidasa y catalasas sobre <i>Vallisneria spiralis</i> expuesta a sedimento entero	60

2.9.3.1	Resultados	60
2.9.3.1.1	Evaluación de la actividad de guaiacol peroxidasa	60
2.9.3.1.2	Evaluación de la actividad de catalasas	61
2.9.4	Ensayos con <i>Myriophyllum spicatum</i>	62
2.9.4.1	Resultados	62
2.9.4.2	Discusión	63
2.9.5	Evaluación de las actividades enzimáticas de guaiacol peroxidasa, catalasas y ascorbato peroxidasa sobre <i>Myriophyllum spicatum</i> expuesta a sedimento entero.	63
2.9.5.1	Evaluación de la actividad de guaiacol peroxidasa	63
2.9.5.2	Evaluación de la actividad de catalasas	63
2.9.5.3	Evaluación de la actividad de ascorbato peroxidasa	64
2.10	Conclusiones generales	69
	Referencias	69

Capítulo 3 - Evaluación de sustancias tóxicas en músculo de peces 71

3.1	Introducción	73
3.2	Estaciones de monitoreo	73
3.3	Métodos de captura y obtención de las muestras	73
3.4	Metodologías analíticas	75
3.4.1	Análisis de metales/metaloides	75
3.4.2	Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)	76
3.5	Resultados	77
3.5.1	Metales/metaloides	77
3.5.2	HAPs	78
3.6	Límites para el consumo humano	79
3.7	Conclusiones generales	80
	Referencias	80

Conclusiones y Recomendaciones 81

Capítulo 1

CALIDAD DEL AGUA

1.1 Introducción

El presente capítulo contiene los resultados las mediciones *in situ* y de los análisis de metales/metaloideos, hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) y ensayos ecotoxicológicos con columna de agua, realizados con muestras de agua extraídas en las estaciones de la red de monitoreo del Subprograma Calidad del Medio Acuático (Tabla 1.1) durante el ciclo 2016 a fin de verificar la aptitud del agua para los diferentes usos a que es sometida en la cuenca.

Se describen las metodologías de muestreo y mediciones *in situ* así como las técnicas y métodos analíticos y de ensayo empleados por los laboratorios actuantes.

Tabla 1.1. Estaciones de monitoreo del Programa de Calidad de Aguas del río Colorado – Subprograma Calidad el Medio Acuático.

Estación	Río	Ubicación	Coordenadas geográficas
CL 0	Barrancas	Área Puente Ruta Nacional Nº 40	S 36°49'02,3" – O 69°52'16,4"
CL 1	Grande	Área Bardas Blancas	S 35°52'15,4" – O 60° 50'14"
CL 2	Colorado	Área Buta Ranquil	S 37°07'48,7" – O 69°38'40,2"
CL 3		Área Desfiladero Bayo	S 37°21'57,7" – O 69° 0,1"00,1"
CL 4a		Área Punto Unido	S 37°43'11,24" – O 67°45'47,65"
CL 5		Área Pasarela Medanito	S 38°0,1'34,9" – 67°52'53,9"
CL 6		Área descarga embalse Casa de Piedra	S 38°13'14,8" – O 67°11'18,8"
CL 10a		Área balneario Río Colorado	S 38° 58' 35,1" – O 64° 06` 33,6"
CL 10		Área El Gualicho	S 39°03'41,77" - O 63°56' 03,22"

1.2. Metodología de muestreo y mediciones *in situ*

Las muestras de agua fueron extraídas con frecuencia mensual en las estaciones de monitoreo establecidas al efecto. Los muestreos y mediciones *in situ*, al igual que en los ciclos anteriores, fueron realizados por la empresa Monitoreos Ambientales.

Las mediciones de parámetros ambientales *in situ* (pH, temperatura y conductividad) se llevaron a cabo mediante una sonda multiparámetro *Hydrolab Minisonde*[®] (Fig. 2.4)

En las correspondientes estaciones de monitoreo se extrajeron muestras para el análisis de metales/metaloides y HAPs.

Los muestreos se efectuaron de acuerdo a los lineamientos generales dados en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 1998). Los recipientes utilizados para contener las muestras para el análisis de metales/metaloides y HAPs fueron sometidos previamente a un procedimiento de limpieza consistente en: lavado con detergente y agua corriente, enjuague prolongado con agua corriente, enjuague con agua destilada (Tipo IV ASTM), secado a temperatura ambiente, inmersión durante 12 horas en solución de ácido nítrico 1+1, enjuague con agua destilada, enjuague con agua ultrapura (Tipo I ASTM) y secado a temperatura ambiente (Procedimiento Operativo Estándar PO A001, Sección 4.4.1).

Las muestras de agua para análisis de metales y metaloides fueron envasadas en bidones de polietileno de 500 mL de capacidad y preservadas mediante la adición de ácido nítrico (HNO₃) hasta pH <2 y refrigeradas a temperatura <4 °C (Fig. 2.5).

Para el análisis de hidrocarburos se extrajeron muestras de agua de 2 L, siendo envasadas en recipientes de vidrio de 1 L de capacidad, los cuales habían sido sometidos previamente al procedimiento de limpieza antes indicado más un enjuague con acetona de alta pureza (grado cromatográfico) (Procedimiento Operativo Estándar PO A001, Sección 4.4.2). Estas muestras fueron preservadas mediante la adición de 2 mL/L de ácido clorhídrico (HCl) 1+1 (Fig. 2.6) y refrigeración a temperatura <4 °C (Fig. 2.5) y en esas condiciones enviadas al laboratorio.

1.3. Metodologías analíticas

1.3.1 Análisis de metales y metaloides

Los análisis de metales y metaloides en muestras de agua fueron llevados a cabo en el laboratorio del Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN), dependiente del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC

17025 (ISO/IEC 2005), estando acreditadas dichas determinaciones por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA) a partir del mes de junio de 2014.

Las concentraciones medidas de los diferentes metales y metaloides fueron informadas con las respectivas incertidumbres de medición (valores expresados a continuación con el símbolo \pm), las cuales son incertidumbres expandidas (factor de cobertura $k=2$) y corresponden a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. Dichas incertidumbres fueron calculadas en el Laboratorio del INTEMIN empleando la metodología de la guía EURACHEM/CITAC (*Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*).

Las técnicas y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 1.2 - Técnicas y métodos analíticos empleados para el análisis de metales y metaloides en agua con sus respectivos límites de cuantificación.

Metal/metaloide	Técnica analítica	Método	Límite de cuantificación ($\mu\text{g/L}$)
Arsénico	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,2
Cadmio	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,2
Cinc	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,5
Cobre	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,2
Cromo	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,4
Mercurio	A.A. por vapor frío	EPA 245.1	0,2
Molibdeno	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,6
Níquel	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,3
Plomo	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,6
Selenio	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,4
Uranio	ICP-MS	SMWW-Método 3125	0,2

ICP-MS: espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo con detector de masas.
 – SMWW: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22 ed.*

1.3.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Los análisis de HAPs en muestras de agua fueron llevados a cabo en el laboratorio de INDUSER de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2005).

Técnica y método analítico

La técnica y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 1.3

Tabla 1.3 – Técnica y métodos analíticos empleados para el análisis de HAPs en aguas con sus respectivos límites de cuantificación.

HAPs	Técnica analítica	Método analítico	Límite de cuantificación del método (µg/L)
Naftaleno	CG/EM	EPA 3535 – A /EPA 8270 D	0,03
Acenaftileno			0,03
Acenafteno			0,03
Fluoreno			0,03
Fenantreno			0,01
Antraceno			0,01
Fluoranteno			0,01
Pireno			0,01
Benzo[a]antraceno			0,01
Criseno			0,01
Benzo[b]fluoranteno			0,01
Benzo[k]fluoranteno			0,01
Benzo[a]pireno			0,01
Dibenzo[a,h]antraceno			0,01
Benzo[g,h,i]perileno			0,01
Indeno[c,d]pireno			0,01
2-metilnaftaleno			0,01
1,3-dimetilnaftaleno			0,01
1-metilfenantreno	0,01		

EPA 3535 A: *Solid Phase Extraction (SPE)*

EPA 8270 D: *Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry*

1.3 3 Ensayos ecotoxicológicos con agua

Métodos

Los ensayos ecotoxicológicos fueron llevados a cabo en el laboratorio del Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján según los siguientes métodos y protocolos:

- Ensayos con *Daphnia magna*: Los ensayos de ecotoxicidad crónica preliminares y definitivos se realizaron de acuerdo a los lineamientos del protocolo recomendado por U.S. EPA (U.S. EPA, 1996, *Ecological Effects Test Guidelines, OPPTS 850.1300, Daphnid Chronic Toxicity Test, Public Draft, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, 7101, EPA-712-C-96-120: 1-10*).

- Ensayos con *Pseudokirchneriella subcapitata* (Hindak, 1990): los ensayos de ecotoxicidad se llevaron a cabo según el procedimiento indicado por US EPA (US EPA 2002. *United States Environmental Protection Agency, Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms Fourth Edition October, EPA-821-R-02-013*)

1.4 Resultados

1.4.1 Parámetros medidos *in situ*, metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Tabla 1.4 Parámetros medidos <i>in situ</i> en la Estación CL 0 (Río Barrancas) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.												
Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Hora	16:51	15:47	14:30	14:50	14:47	14:34	14:51	15:31	15:10	14:54	15:10	15:40
pH	8,36	8,12	8,13	8,44	8,23	8,52	7,99	8,11	7,98	8,08	7,88	8,16
Temperatura del agua (°C)	18,5	23,5	19,0	15,5	11,50	6,0	4,0	8,0	7,5	16,0	18,5	19,0
Temperatura del aire (°C)	27,0	35,0	31,0	21,0	18,0	9,0	7,0	13,0	13,0	24,0	25,5	30,0
Conductividad específica [μS/cm]	558	722	787	831	720	739	784	7,99	740	614	566	641

Tabla 1.5 Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 0 (Río Barrancas) en el período Enero 2016 – Diciembre de 2016.

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Arsénico	2,0 \pm 0,2	3,1 \pm 0,2	2,3 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2	2,9 \pm 0,2	1,8 \pm 0,1	2,0 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	1,6 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1	3,2 \pm 0,2
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	5,1 \pm 0,6	14 \pm 1	3,3 \pm 0,3	1,5 \pm 0,1	12 \pm 0,8	1,1 \pm 0,1	2,8 \pm 0,2	17 \pm 1	1,7 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2	5,9 \pm 0,4	13 \pm 1
Cobre	1,8 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	0,9 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	7,6 \pm 0,5	0,8 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1	2,8 \pm 0,2	3,3 \pm 0,2
Cromo	1,4 \pm 0,2	0,7 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	1,1 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,4 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	2,4 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	2,7 \pm 0,2	1,1 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	2,3 \pm 0,2	3,1 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2	1,7 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1
Níquel	3,0 \pm 0,2	5,4 \pm 0,4	4,5 \pm 0,4	2,9 \pm 0,4	6,5 \pm 0,5	1,8 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2	3,9 \pm 0,2	6,0 \pm 0,4
Plomo	2,8 \pm 0,3	5,4 \pm 0,4	1,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	5,9 \pm 0,4	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	0,8 \pm 0,1	2,6 \pm 0,2	7,3 \pm 0,5
Selenio	0,9 \pm 0,2	<0,4	<0,4	0,7 \pm 0,1	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Uranio	0,3 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	<0,2	0,2 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1

Tabla 1.6 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 0 (Río Barrancas) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

HAPs ($\mu\text{g/L}$) (*)	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaftileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[b]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[k]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno[c,d]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-metilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,3-dimetilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1-metilfenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Tabla 1.7 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 1 (Río Grande, Bardas Blancas, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional Nº 40) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Hora	19:11	18:30	17:05	17:24	17:15	17:10	17:24	17:46	17:40	17:20	17:25	18:10
pH	7,65	7,87	8,35	8,01	8,02	7,77	7,74	8,58	8,36	7,94	7,94	8,06
Temperatura del agua (°C)	15,0	20,0	19,0	12,0	9,4	3,0	4,0	6,0	5,0	12,5	15,0	14,0
Temperatura del aire (°C)	26,5	29,0	31,0	20,0	12,5	5,0	3,0	7,0	5,0	24,0	24,0	21,0
Conductividad específica [μ S/cm]	759	1049	1264	1451	1053	1300	1374	1382	1280	926	735	701

Tabla 1.8 Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 1 (Río Grande en Bardas Blancas) en el período Enero 2016 – Diciembre de 2016.

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Arsénico	1,9±0,2	1,9±0,2	2,1±0,2	2,3±0,2	3,2±0,2	1,6±0,1	1,9±0,2	2,0±0,2	1,6±0,2	1,1±0,1	1,8±0,2	1,5±0,2
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2±0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	3,3±0,2	2,0±0,1	3,4±0,3	8,0±0,7	23±1,6	1,2±0,1	1,6±0,1	3,0±0,2	1,3±0,2	2,4±0,2	5,1±0,3	5,4±0,3
Cobre	7,1±0,5	7,1±0,5	5,0±0,3	4,2±0,3	16±1,1	3,1±0,2	3,0±0,2	2,7±0,2	4,3±0,3	4,3±0,3	7,7±0,6	7,7±0,6
Cromo	1,2±0,2	1,1±0,2	1,4±0,2	0,9±0,1	3,2±0,2	0,9±0,1	1,1±0,1	0,7±0,1	0,8±0,1	0,6±0,1	1,2±0,1	1,1±0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	1,1±0,1	1,1±0,1	1,1±0,1	1,1±0,1	<0,6	0,7±0,1	1,2±0,1	1,8±0,1	1,3±0,1	0,6±0,1	<0,6	<0,6
Níquel	2,9±0,2	3,8±0,2	5,0±0,4	4,5±0,3	12±0,8	2,9±0,2	3,7±0,3	3,1±0,3	4,2±0,3	3,2±0,3	3,7±0,2	3,8±0,2
Plomo	1,0±0,1	<0,6	<0,6	<0,6	7,6±0,5	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	0,8±0,1	2,0±0,1	1,1±0,1
Selenio	0,6±0,1	<0,4	<0,4	0,6±0,1	<0,4	<0,4	0,5±0,1	<0,4	0,4±0,1	<0,4	<0,4	<0,4
Uranio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,8±0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2±0,1	0,2±0,1	<0,2

Tabla 1.9 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 1 (Río Grande en Bardas Blancas) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

HAPs ($\mu\text{g/L}$) ^(*)	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaftileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pireno	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[b]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[k]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno[c,d]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-metilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,3-dimetilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1-metilfenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Tabla 1.10 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 2 (Río Colorado, Buta Ranquil, Yacimiento El Portón, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Hora	15:05	13:36	12:52	13:08	12:51	12:58	13:07	13:33	13:15	12:54	13:18	13:30
pH	8,31	7,89	8,32	8,23	8,50	8,52	8,15	8,15	8,05	7,68	7,92	8,15
Temperatura del agua (°C)	19,5	21,5	19,0	13,0	11,30	6,5	5,0	9,0	7,0	14,0	18,0	20,0
Temperatura del aire (°C)	28,5	30,5	25,0	16,0	15,0	7,0	5,0	9,0	13,0	21,0	23,0	25,2
Conductividad específica [μ S/cm]	754	1050	1192	1315	1146	1192	1265	1260	1165	887	814	763

Tabla 1.11 Concentraciones de metales/metaloideos en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 2 (Río Colorado a la altura de Buta Ranquil) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Metal/ metaloide ($\mu\text{g/L}$)	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Arsénico	2,5 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2	1,6 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	1,9 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	1,6 \pm 0,2	1,6 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	6,3 \pm 0,7	5,5 \pm 0,5	6,2 \pm 0,5	6,6 \pm 0,5	2,7 \pm 0,2	3,1 \pm 0,2	1,2 \pm 0,1	30 \pm 2	2,6 \pm 0,2	4,9 \pm 0,3	8,7 \pm 0,6	9,8 \pm 0,6
Cobre	8,8 \pm 0,6	4,8 \pm 0,3	3,4 \pm 0,3	2,0 \pm 0,2	3,3 \pm 0,2	2,3 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	3,4 \pm 0,2	5,8 \pm 0,3	10,0 \pm 0,7	8,6 \pm 0,8
Cromo	1,6 \pm 0,2	1,5 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	1,1 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	1,2 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	<0,6	<0,6
Níquel	4,2 \pm 0,3	5,0 \pm 0,4	6,6 \pm 0,5	4,5 \pm 0,3	3,8 \pm 0,3	3,1 \pm 0,2	3,5 \pm 0,3	2,7 \pm 0,2	3,9 \pm 0,3	4,4 \pm 0,3	6,0 \pm 0,5	5,6 \pm 0,4
Plomo	2,5 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	0,7 \pm 0,1	<0,6	0,7 \pm 0,1	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1,8 \pm 0,1	3,3 \pm 0,2	4,4 \pm 0,2
Selenio	0,6 \pm 0,2	<0,4	<0,4	0,7 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,4 \pm 0,1	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Uranio	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	<0,2	<0,2	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1

Tabla 1.12 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 2 (Río Colorado a la altura de Buta Ranquil) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

HAPs ($\mu\text{g/L}$) ^(*)	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaftileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[b]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[k]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno[c,d]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-metilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,3-dimetilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1-metilfenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Tabla 1.13 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 3 (Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, Pcia de Neuquén) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Hora	13:24	11:41	11:15	11:28	11:10	11:25	11:20	12:03	11:38	11:00	11:36	11:44
pH	7,93	8,08	8,39	8,44	8,66	8,28	8,21	8,13	7,54	7,92	8,10	8,15
Temperatura del agua (°C)	21,5	22,0	18,0	14,2	9,8	7,0	5,0	8,0	7,0	14,5	18,0	22,0
Temperatura del aire (°C)	28,0	26,5	21,0	13,0	10,0	5,0	4,5	9,5	10,0	16,0	21,0	31,0
Conductividad específica [μ S/cm]	746	1063	1200	1315	1176	1178	1255	1238	1133	865	874	765

Tabla 1.14 Concentraciones de metales/metaloide en la columna de agua en la Estación CL 3 (Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, Provincia de Neuquén) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016

Metal/ metaloide ($\mu\text{g/L}$)	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Arsénico	3,6 \pm 0,2	2,9 \pm 0,2	2,7 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	1,8 \pm 0,1	1,9 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	1,6 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	11 \pm 1	7,2 \pm 0,6	4,3 \pm 0,4	0,9 \pm 0,1	3,4 \pm 0,2	1,8 \pm 0,1	3,3 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	1,4 \pm 0,2	7,4 \pm 0,5	8,3 \pm 0,6	9,0 \pm 0,6
Cobre	20 \pm 1	6,1 \pm 0,4	3,5 \pm 0,3	2,2 \pm 0,2	3,5 \pm 0,2	2,2 \pm 0,1	2,0 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1	3,2 \pm 0,2	8,3 \pm 0,6	8,3 \pm 0,6	8,7 \pm 0,6
Cromo	2,2 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	0,7 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	<0,6	<0,6
Níquel	7,0 \pm 0,5	7,6 \pm 0,5	7,0 \pm 0,5	4,4 \pm 0,5	4,1 \pm 0,3	3,4 \pm 0,2	3,5 \pm 0,3	2,8 \pm 0,2	2,8 \pm 0,2	5,9 \pm 0,4	6,7 \pm 0,5	5,9 \pm 0,4
Plomo	5,4 \pm 0,3	3,1 \pm 0,2	1,4 \pm 0,1	<0,6	1,1 \pm 0,1	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	2,9 \pm 0,2	3,5 \pm 0,2	3,5 \pm 0,2
Selenio	0,6 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,7 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,4 \pm 0,1	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Uranio	0,8 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1

Tabla 1.15 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la Estación CL 3 (Río Colorado, Desfiladero Bayo sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, Provincia de Neuquén) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016

HAPs (µg/L) (*)	Campañas											
	1 (04/01/16)	2 (31/01/16)	3 (28/02/16)	4 (03/04/16)	5 (01/05/16)	6 (05/06/16)	7 (03/07/16)	8 (31/07/16)	9 (04/09/16)	10 (02/10/16)	11 (30/10/16)	12 (04/12/16)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaftileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[b]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[k]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno[c,d]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-metilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,3-dimetilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1-metilfenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Tabla 1.16 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 4 (Río Colorado, Punto Unido, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, margen izquierda, provincia de La Pampa) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (05/01/16)	2 (01/02/16)	3 (29/02/16)	4 (04/04/16)	5 (02/05/16)	6 (06/06/16)	7 (04/07/16)	8 (01/08/16)	9 (05/09/16)	10 (03/10/16)	11 (31/10/16)	12 (05/12/16)
Hora	12:56	13:15	12:45	14:43	12:42	12:58	13:20	12:33	12:15	12:22	12:28	11:55
pH	7,89	8,10	8,09	8,27	8,25	8,47	7,95	7,97	7,91	7,71	7,89	8,19
Temperatura del agua (°C)	23,0	23,0	20,5	15,0	10,70	8,0	7,0	9,0	6,5	16,5	18,5	17,0
Temperatura del aire (°C)	27,0	28,0	23,0	15,0	13,0	11,0	9,0	15,0	9,0	19,0	22,5	19,0
Conductividad específica [μS/cm]	787	1089	1245	1353	1180	1227	1306	1287	1172	883	965	820

Tabla 1.17 Concentraciones de metales/metaloideos ($\mu\text{g/L}$) en la columna de agua en la Estación CL 4 (Río Colorado, Punto Unido, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, margen izquierda, provincia de La Pampa) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016

Metal/ metaloide ($\mu\text{g/L}$)	Campañas											
	1 (05/01/16)	2 (01/02/16)	3 (29/02/16)	4 (04/04/16)	5 (02/05/16)	6 (06/06/16)	7 (04/07/16)	8 (01/08/16)	9 (05/09/16)	10 (03/10/16)	11 (31/10/16)	12 (05/12/16)
Arsénico	4,2 \pm 0,3	3,2 \pm 0,2	2,9 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	1,6 \pm 0,1	1,8 \pm 0,2	2,3 \pm 0,2	1,6 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	2,7 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	15 \pm 1	7,3 \pm 0,6	4,8 \pm 0,4	1,4 \pm 0,1	3,8 \pm 0,2	2,0 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2	9,2 \pm 0,6	2,2 \pm 0,2	8,4 \pm 0,6	11,5 \pm 0,8	10,4 \pm 0,7
Cobre	12 \pm 1	6,8 \pm 0,4	3,6 \pm 0,3	2,6 \pm 0,2	3,5 \pm 0,2	2,0 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1	2,9 \pm 0,2	9,8 \pm 0,7	10,7 \pm 0,7	10,0 \pm 0,7
Cromo	2,7 \pm 0,3	2,2 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	2,4 \pm 0,1	2,0 \pm 0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	0,9 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	<0,6	<0,6
Níquel	9,7 \pm 0,6	7,6 \pm 0,5	7,1 \pm 0,5	5,5 \pm 0,5	4,0 \pm 0,3	3,3 \pm 0,2	3,5 \pm 0,3	3,3 \pm 0,3	1,5 \pm 0,1	6,3 \pm 0,5	8,8 \pm 0,6	7,8 \pm 0,6
Plomo	7,1 \pm 0,5	3,1 \pm 0,2	1,9 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	1,4 \pm 0,1	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	3,5 \pm 0,2	5,2 \pm 0,3	4,2 \pm 0,2
Selenio	0,5 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,7 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,4 \pm 0,1	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Uranio	1,1 \pm 0,1	0,7 \pm 0,2	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1

Tabla 1.18 - Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares ($\mu\text{g/L}$) en la columna de agua en la Estación CL 4 (Río Colorado, Punto Unido, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, margen izquierda, provincia de La Pampa) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016

HAPs ($\mu\text{g/L}$) (*)	Campañas											
	1 (05/01/16)	2 (01/02/16)	3 (29/02/16)	4 (04/04/16)	5 (02/05/16)	6 (06/06/16)	7 (04/07/16)	8 (01/08/16)	9 (05/09/16)	10 (03/10/16)	11 (31/10/16)	12 (05/12/16)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaftileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[b]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[k]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno[c,d]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-metilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,3-dimetilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1-metilfenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Tabla 1.19 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 5 (Río Colorado, Pasarela Medanito, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (05/01/16)	2 (01/02/16)	3 (29/02/16)	4 (04/04/16)	5 (02/05/16)	6 (06/06/16)	7 (04/07/16)	8 (01/08/16)	9 (05/09/16)	10 (03/10/16)	11 (31/10/16)	12 (05/12/16)
Hora	11:02	11:50	11:30	11:30	11:10	11:29	11:42	11:30	11:00	11:20	11:25	10:47
pH	7,65	7,94	7,73	8,21	8,45	8,22	8,15	7,95	7,95	8,09	7,95	8,11
Temperatura del agua (°C)	22,0	24,0	20,5	14,5	10,8	7,0	6,0	8,5	7,0	17,0	18,5	18,0
Temperatura del aire (°C)	26,5	31,0	25,0	12,5	11,0	10,0	5,0	10,0	12,0	18,0	22,0	22,0
Conductividad específica [μ S/cm]	788	1260	1280	1385	1230	1278	1350	1305	1222	945	1111	825

Tabla 1.20 Concentraciones de metales metaloides en réplicas de columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 5 (río Colorado, Pasarela Medanito, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2016 – Diciembre 2016

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campañas											
	1 (05/01/16)	2 (01/02/16)	3 (29/02/16)	4 (04/04/16)	5 (02/05/16)	6 (06/06/16)	7 (04/07/16)	8 (01/08/16)	9 (05/09/16)	10 (03/10/16)	11 (31/10/16)	12 (05/12/16)
Arsénico	3,7 \pm 0,3/ 3,3 \pm 0,2	7,5 \pm 0,3/ 8,1 \pm 0,3	3,1 \pm 0,2/ 3,1 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2/ 2,4 \pm 0,2	2,0 \pm 0,2/ 2,0 \pm 0,2	1,7 \pm 0,1/ 1,7 \pm 0,1	1,9 \pm 0,2/ 2,0 \pm 0,2	2,7 \pm 0,2/ 2,6 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2/ 1,7 \pm 0,2	3,2 \pm 0,2/ 3,1 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2/ 2,0 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2/ 2,5 \pm 0,2
Cadmio	<0,2/<0,2	0,3/0,3	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2
Cinc	9,9 \pm 1/ 9,3 \pm 0,8	28 \pm 2/ 28 \pm 2	5,7 \pm 0,5/ 5,2 \pm 0,5	8,8 \pm 0,7/ 1,7 \pm 0,1	5,3 \pm 0,4/ 5,2 \pm 0,4	3,0 \pm 0,4/ 2,6 \pm 0,4	3,1 \pm 0,2/ 5,7 \pm 0,4	28 \pm 2/ 9,1 \pm 0,6	2,5 \pm 0,2/ 4,5 \pm 0,3	10,1 \pm 0,8/ 13 \pm 1	5,4 \pm 0,3/ 5,1 \pm 0,3	10,2 \pm 0,7/ 10 \pm 0,7
Cobre	10,0 \pm 0,8/ 9,7 \pm 0,8	20 \pm 1/ 19 \pm 1	4,1 \pm 0,3/ 4,1 \pm 0,3	2,5 \pm 0,2/ 2,4 \pm 0,2	4,4 \pm 0,3/ 4,1 \pm 0,3	2,8 \pm 0,2/ 2,6 \pm 0,2	2,3 \pm 0,2/ 3,0 \pm 0,2	3,4 \pm 0,2/ 3,2 \pm 0,2	3,1 \pm 0,2/ 3,8 \pm 0,2	13 \pm 1/ 14 \pm 1	6,4 \pm 0,5/ 6,0 \pm 0,5	9,7 \pm 0,6/ 9,6 \pm 0,6
Cromo	2,1 \pm 0,2/ 2,0 \pm 0,2	5,3 \pm 0,3/ 5,4 \pm 0,3	2,2 \pm 0,2/ 2,2 \pm 0,2	1,2 \pm 0,1/ 1,2 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1/ 1,5 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1/ 1,2 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1/ 1,3 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1/ 1,4 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1/ 1,1 \pm 0,1	2,0 \pm 0,1/ 2,1 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1/ 1,6 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1/ 2,0 \pm 0,1
Mercurio	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2
Molibdeno	1,2 \pm 0,1/ 1,2 \pm 0,1	<0,6/<0,6	1,9 \pm 0,1/ 1,8 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1/ 1,9 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1/ 0,8 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1/ 1,1 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1/ 1,7 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1/ 2,0 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1/ 1,7 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1/ 0,9 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1/ 0,7 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1/ 0,6 \pm 0,1
Níquel	6,2 \pm 0,5/ 6,1 \pm 0,5	23 \pm 2/ 24 \pm 2	7,8 \pm 0,5/ 7,8 \pm 0,5	4,7 \pm 0,5/ 4,8 \pm 0,5	5,0 \pm 0,4/ 5,2 \pm 0,4	3,7 \pm 0,3/ 3,6 \pm 0,3	4,2 \pm 0,3/ 4,5 \pm 0,3	4,7 \pm 0,3/ 4,9 \pm 0,3	1,7 \pm 0,1/ 4,6 \pm 0,3	7,2 \pm 0,5/ 7,6 \pm 0,5	5,8 \pm 0,4/ 5,4 \pm 0,4	7,7 \pm 0,4/ 7,4 \pm 0,4
Plomo	4,9 \pm 0,4/ 4,7 \pm 0,4	11 \pm 1/ 11 \pm 1	2,3 \pm 0,1/ 2,1 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1/ 0,8 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1/ 1,9 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1/ 0,9 \pm 0,1	<0,6/ 0,7 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1/ 1,1 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1/ 0,8 \pm 0,1	4,5 \pm 0,2/ 4,9 \pm 0,2	2,8 \pm 0,2/ 2,6 \pm 0,2	4,2 \pm 0,2/ 4,0 \pm 0,2
Selenio	0,5 \pm 0,1/ 0,5 \pm 0,1	<0,4/<0,4	<0,4/<0,4	0,6 \pm 0,1/ 0,5 \pm 0,1	<0,4/<0,4	<0,4/<0,4	0,5 \pm 0,1/ 0,4 \pm 0,1	<0,4/<0,4	<0,4/<0,4	<0,4/<0,4	<0,4/<0,4	<0,4/<0,4
Uranio	0,7 \pm 0,1/ 0,6 \pm 0,1	3,3 \pm 0,5/ 3,3 \pm 0,5	0,6 \pm 0,1/ 0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1/ 0,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1/ 0,6 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1/ 0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1/ 0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1/ 0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1/ 0,4 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1/ 0,8 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1/ 0,7 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1/ 0,6 \pm 0,1

Tabla 1.21 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares en réplicas obtenidas en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 5 (río Colorado a la altura de Pasarela Medanito) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016

HAPs ($\mu\text{g/L}$) (*)	Campañas											
	1 (05/01/16)	2 (01/02/16)	3 (29/02/16)	4 (04/04/16)	5 (02/05/16)	6 (06/06/16)	7 (04/07/16)	8 (01/08/16)	9 (05/09/16)	10 (03/10/16)	11 (31/10/16)	12 (05/12/16)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaftileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pireno	<0,01/0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[b]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[k]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno[c,d]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-metilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,3-dimetilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1-metilfenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Tabla 1.22 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 6 (en la descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha) en el período Enero 2016 – Diciembre 2016

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (05/01/16)	2 (01/02/16)	3 (29/02/16)	4 (05/04/16)	5 (02/05/16)	6 (06/06/16)	7 (04/07/16)	8 (01/08/16)	9 (05/09/16)	10 (03/10/16)	11 (31/10/16)	12 (05/12/16)
Hora	14:55	15:35	14:42	10:00	15:00	15:28	15:36	14:52	14:22	14:33	14:38	14:20
pH	7,89	8,07	8,16	8,40	8,42	8,25	7,91	7,91	7,88	7,67	7,95	8,39
Temperatura del agua (°C)	21,0	24,0	23,0	17,5	15,5	12,0	9,0	10,0	11,0	14,0	15,5	20,0
Temperatura del aire (°C)	30,0	30,5	30,0	14,0	18,0	15,0	13,0	12,5	14,0	27,0	25,0	29,0
Conductividad específica [μS/cm]	1187	1083	1115	1162	1174	1208	1233	1220	1210	1250	1255	1238

Tabla 1.23 Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 6 (en la descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campañas											
	1 (05/01/16)	2 (01/02/16)	3 (29/02/16)	4 (05/04/16)	5 (02/05/16)	6 (06/06/16)	7 (04/07/16)	8 (01/08/16)	9 (05/09/16)	10 (03/10/16)	11 (31/10/16)	12 (05/12/16)
Arsénico	2,0 \pm 0,3	2,1 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	1,7 \pm 0,1	2,0 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	1,5 \pm 0,2	1,2 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	<2	<0,5	3,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	4,8 \pm 0,4	10 \pm 0,7	0,8 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	<0,2	1,3 \pm 0,1
Cobre	1,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1
Cromo	1,2 \pm 0,1	1,1 \pm 0,2	1,6 \pm 0,2	0,9 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	2,6 \pm 0,2	0,7 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	2,9 \pm 0,3	2,7 \pm 0,2	3,2 \pm 0,2	2,9 \pm 0,2	2,2 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	2,9 \pm 0,2	3,5 \pm 0,2	2,9 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	1,9 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1
Níquel	3,0 \pm 0,2	4,0 \pm 0,3	4,9 \pm 0,3	4,8 \pm 0,3	3,6 \pm 0,3	2,8 \pm 0,2	4,1 \pm 0,3	5,4 \pm 0,3	4,2 \pm 0,3	4,0 \pm 0,3	3,5 \pm 0,2	4,2 \pm 0,3
Plomo	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Selenio	0,6 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,5 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,5 \pm 0,1	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Uranio	0,7 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1

Tabla 1.24 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 6 (en la descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

HAPs ($\mu\text{g/L}$) ^(*)	Campañas											
	1 (05/01/16)	2 (01/02/16)	3 (29/02/16)	4 (05/04/16)	5 (02/05/16)	6 (06/06/16)	7 (04/07/16)	8 (01/08/16)	9 (05/09/16)	10 (03/10/16)	11 (31/10/16)	12 (05/12/16)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaftileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[b]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[k]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno[c,d]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-metilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,3-dimetilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1-metilfenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Tabla 1.25 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 10-a (Río Colorado, Balneario, margen derecha, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 22, provincia de Río Negro) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (06/01/16)	2 (02/02/16)	3 (01/03/16)	4 (06/04/16)	5 (03/05/16)	6 (08/06/16)	7 (05/07/16)	8 (02/08/16)	9 (06/09/16)	10 (04/10/16)	11 (01/11/16)	12 (06/12/16)
Hora	11:40	19:00	14:17	08:50	13:56	09:52	13:50	18:30	11:50	18:15	14:06	18:05
pH	8,13	7,91	8,13	8,45	8,03	8,23	7,95	8,10	7,66	8,15	8,12	8,33
Temperatura del agua (°C)	23,5	26,0	24,0	14,3	11,6	4,0	8,0	10,0	10,5	16,0	17,0	22,5
Temperatura del aire (°C)	27,0	29,0	30,0	12,0	15,5	0,0	13,0	13,0	15,0	16,0	16,0	25,0
Conductividad específica [µS/cm]	1252	1187	1185	1204	1300	1524	1533	1430	1273	1258	1412	1305

Tabla 1.26 Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 10-a (Río Colorado, Balneario, margen derecha, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 22, provincia de Río Negro) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campañas											
	1 (06/01/16)	2 (02/02/16)	3 (01/03/16)	4 (06/04/16)	5 (03/05/16)	6 (08/06/16)	7 (05/07/16)	8 (02/08/16)	9 (06/09/16)	10 (04/10/16)	11 (01/11/16)	12 (06/12/16)
Arsénico	2,7 \pm 0,3	2,5 \pm 0,2	2,7 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	2,0 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	2,0 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	1,4 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	<2	1,2 \pm 0,2	1,5 \pm 0,2	<0,2	0,9 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,4 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	<0,2	1,9 \pm 0,2
Cobre	2,4 \pm 0,3	1,4 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	1,9 \pm 0,2	1,2 \pm 0,1	2,0 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2	1,7 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1
Cromo	1,3 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	2,9 \pm 0,3	2,9 \pm 0,3	3,4 \pm 0,3	3,2 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2	3,4 \pm 0,2	3,9 \pm 0,3	3,2 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	2,9 \pm 0,2
Níquel	3,5 \pm 0,3	4,3 \pm 0,3	6,0 \pm 0,5	5,0 \pm 0,3	3,6 \pm 0,2	3,5 \pm 0,2	4,5 \pm 0,2	4,5 \pm 0,3	5,1 \pm 0,3	4,4 \pm 0,3	3,9 \pm 0,2	4,6 \pm 0,3
Plomo	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Selenio	0,7 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,7 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	<0,4	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
Uranio	0,8 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1

Tabla 1.27 Concentraciones de HAPs en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 10-a (Río Colorado, Balneario, margen derecha, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 22, provincia de Río Negro) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

HAPS ($\mu\text{g/L}$) (*)	Campañas											
	1 (06/01/16)	2 (02/02/16)	3 (01/03/16)	4 (06/04/16)	5 (03/05/16)	6 (08/06/16)	7 (05/07/16)	8 (02/08/16)	9 (06/09/16)	10 (04/10/16)	11 (01/11/16)	12 (06/12/16)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaftileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[b]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[k]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno[c,d]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-metilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1,3-dimetilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
1-metilfenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Tabla 1.28 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 10 (Río Colorado, El Gualicho), en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (06/01/16)	2 (02/02/16)	3 (01/03/16)	4 (06/04/16)	5 (03/05/16)	6 (08/06/16)	7 (05/07/16)	8 (03/08/16)	9 (06/09/16)	10 (04/10/16)	11 (01/11/16)	12 (06/12/16)
Hora	10:29	19:53	12:51	07:50	12:28	08:36	12:32	08:00	10:40	(*)	13:08	18:43
pH	8,36	7,94	8,17	8,28	8,23	8,32	7,92	8,19	7,75	(*)	8,12	8,33
Temperatura del agua (°C)	23,0	26,0	22,5	14,0	12,0	4,0	7,0	7,0	10,0	(*)	17,0	22,5
Temperatura del aire (°C)	23,0	25,0	21,0	10,0	10,5	-2,0	5,0	5,0	8,0	(*)	15,0	23,0
Conductividad específica [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	1268	1230	1227	1220	1323	1619	1574	1480	1330	(*)	1436	1363

(*) Sin posibilidad de acceso al sitio de muestreo por camino intransitable por lluvias.

Tabla 1.29 Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 10 (Río Colorado, El Gualicho) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campañas											
	1 (06/01/16)	2 (02/02/16)	3 (01/03/16)	4 (06/04/16)	5 (03/05/16)	6 (08/06/16)	7 (05/07/16)	8 (03/08/16)	9 (06/09/16)	10 (04/10/16)	11 (01/11/16)	12 (06/12/16)
Arsénico	2,6 \pm 0,3	2,7 \pm 0,2	2,8 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	2,7 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2	(*)	1,5 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	(*)	<0,2	<0,2
Cinc	<2	1,4 \pm 0,1	4,6 \pm 0,4	0,4 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	5,0 \pm 0,1	2,6 \pm 0,2	(*)	2,9 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2
Cobre	1,4 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	2,0 \pm 0,2	1,4 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,4 \pm 0,2	2,7 \pm 0,2	(*)	1,7 \pm 0,1	2,5 \pm 0,1
Cromo	1,2 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	(*)	0,8 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	(*)	<0,2	<0,2
Molibdeno	2,9 \pm 0,3	3,1 \pm 0,3	3,7 \pm 0,3	3,4 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2	2,8 \pm 0,2	3,6 \pm 0,3	4,2 \pm 0,2	3,0 \pm 0,2	(*)	2,3 \pm 0,2	2,6 \pm 0,2
Níquel	3,0 \pm 0,2	4,9 \pm 0,3	4,9 \pm 0,3	5,4 \pm 0,3	3,0 \pm 0,2	4,1 \pm 0,3	4,5 \pm 0,3	4,4 \pm 0,3	4,8 \pm 0,3	(*)	4,2 \pm 0,3	4,8 \pm 0,3
Plomo	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	(*)	<0,6	0,6 \pm 0,1
Selenio	0,6 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,7 \pm 0,1	<0,4	<0,4	0,6 \pm 0,1	<0,4	0,4 \pm 0,1	(*)	<0,4	0,5 \pm 0,1
Uranio	0,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	(*)	0,7 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1

(*) Sin posibilidad de acceso al sitio de muestreo por camino intransitable por lluvias.

Tabla 1.30 Concentraciones de HAPs en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 10 (Río Colorado, El Gualicho) en el período Enero 2016 - Diciembre 2016.

HAPS ($\mu\text{g/L}$) (*)	Campañas											
	1 (06/01/16)	2 (02/02/16)	3 (01/03/16)	4 (06/04/16)	5 (03/05/16)	6 (08/06/16)	7 (05/07/16)	8 (03/08/16)	9 (06/09/16)	10 (04/10/16)	11 (01/11/16)	12 (06/12/16)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	(**)	<0,03	<0,03
Acenaftileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	(**)	<0,03	<0,03
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	(**)	<0,03	<0,03
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	(**)	<0,03	<0,03
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Benzo[a]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Benzo[b]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Benzo[k]fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Benzo[a]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
Indeno[c,d]pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
2-metilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
1,3-dimetilnaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01
1-metilfenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	(**)	<0,01	<0,01

(*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%) - (**) Sin posibilidad de acceso al sitio de muestreo por camino intransitable por lluvias.

Tabla 1.31 – Resumen estadístico de las concentraciones registradas de metales/metaloideos durante el ciclo 2016.

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	U	Zn
Número de muestras	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Frecuencia detección (%)	100	0,9	100	100	0	90	100	41	26	84	94
Máximo (µg/L)	4,2	0,2	5,4	20,0	<0,2	4,2	23,5	11,0	0,9	3,3	30,0
Mínimo (µg/L)	1,0	<0,2	0,5	0,4	<0,2	<0,2	1,5	<0,6	<0,4	<0,2	<0,2
Media (µg/L)	3,2		2,3	4,0			4,8				
Mediana (µg/L)	2,1	<0,2	1,1	2,6	<0,2	1,7	4,4	<0,6	<0,4	0,5	3,1
Percentil 75 (µg/L)	2,5	<0,2	1,6	4,6	<0,2	2,6	5,4	2,0	0,4	0,7	6,5
Percentil 95 (µg/L)	3,2	<0,2	2,2	10,5	<0,2	3,4	7,7	5,4	0,7	0,8	14,7

(As): arsénico, (Cd): cadmio, (Cr): cromo, (Cu): cobre, (Hg): mercurio, (Mo): molibdeno, (Ni): níquel, (Pb): plomo, (Se): selenio, (U) uranio, (Zn): cinc.

1.4.2 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloideos en muestras de agua fueron evaluados tomando como referencia valores guía (Tabla 1.32) que definen la aptitud del agua para diferentes usos (World Health Organization 2011; *Canadian Environmental Quality Guidelines*, 2005, 2006, 2011, 2014; CCREM 1987).

Tabla 1.32 - Valores guía para diferentes usos del agua

Parámetro	Valor guía (µg/L)			
	Agua Potable ^(1,2)	Irrigación ⁽³⁾	Ganadería ⁽⁴⁾	Vida acuática ⁽⁵⁾
Arsénico	10	100	25	5
Cadmio	3	5,1	80	0,37 ^(*)
Cinc	⁽⁶⁾	1.000-5.000 ⁽⁷⁾	50.000	30
Cobre	2.000	200 -1.000 ⁽⁸⁾	500-1.000-5.000 ⁽⁹⁾	4 ^(*)
Cromo	50 ⁽¹⁰⁾	4,9-8,0 ⁽¹¹⁾	50	1,0-8,9 ⁽¹²⁾
Mercurio	6 ⁽¹³⁾	-	3	0,026
Molibdeno	^(**)	10-50 ⁽¹⁴⁾	500	73
Níquel	70	200	1.000	150 ^(*)
Plomo	10	200	100	7 ^(*)
Selenio	40	20-50 ⁽¹⁵⁾	50	1
Uranio	30	10	200	15

¹ Dado que en la mayoría de los suministros de agua potable con captaciones en el río Colorado, el único tratamiento de potabilización aplicado es la desinfección, se han adoptado los valores guía para el agua de bebida como valores guía de calidad de la fuente; ⁽²⁾ WHO, (2011) *Guidelines for Drinking Water Quality*; ⁽³⁾ CCME, (2005) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Irrigation*; ⁽⁴⁾ CCME, (2005) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Livestock*; ⁽⁵⁾ CCME, (2006, 2011) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. – ⁽⁶⁾ En la 4ª edición de las guías para la calidad del agua potable (2011), la OMS no fija valor guía para el cinc

basado en consideraciones sobre la salud humana. Concentraciones del orden de los 4.0000 µg/L imparten al agua sabor objetable. ⁽⁷⁾ 1.000 µg/L cuando el pH del suelo es <6,5, 5.000 µg/L cuando el pH del suelo es >6,5; ⁽⁸⁾ 200 µg/L para cereales; 1000 µg/L para cultivos tolerantes; ⁽⁹⁾ 500 µg/L para ovinos, 1000 µg/L para bovinos, 5.000 µg/L para porcinos; ⁽¹⁰⁾ Para cromo total; ⁽¹¹⁾ 4,9 µg/L para cromo total, 8,0 para cromo trivalente; ⁽¹²⁾ 1,0 µg/L para cromo hexavalente, 8,9 µg/L para cromo trivalente; ⁽¹³⁾ Para mercurio inorgánico. ⁽¹⁴⁾ La concentración no debe exceder 10 µg/L para uso continuo en todos los suelos o 50 µg/L para uso no prolongado en suelos ácidos. ⁽¹⁵⁾ 20 µg/L para uso continuo en todos los suelos; 50 µg/L para uso intermitente en todos los suelos. ^(*) Los valores guía para la protección de la vida acuática para cadmio, cobre, níquel y plomo, son los que recomienda en la última actualización de *Canadian Environmental Quality Guidelines* (15/01/2014) para valores de dureza total mayores de 180 mg/L (cobre, níquel y plomo) y de 280 mg/L (cadmio). ^(**) En la 4ª edición de las guías de la O.M.S. (2011) no se establece un valor guía basándose en que las concentraciones que habitualmente ocurren en agua potable son muy inferiores a las que tienen significación para la salud.

La evaluación de los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en agua se llevó a cabo tomando como referencia los valores guías para la protección de la vida acuática publicados en *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* (CCME 2014), los cuales figuran en la Tabla 1.33.

Tabla 1.33 Valores guía para HAPs para la protección de la vida acuática (*Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*⁽¹⁾)

Hidrocarburo	Valor guía (µg/L)
Acenafteno	5,8
Antraceno	0,012
Benzo[a]antraceno	0,018
Benzo[a]pireno	0,015
Fluoranteno	0,04
Fluoreno	3,0
Naftaleno	1,1
Fenantreno	0,4
Pireno	0,025

(1) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, 2014

En relación con la salud humana, los resultados obtenidos fueron contrastados con el valor guía de la Organización Mundial de la Salud para benzo[a]pireno, el cual es 0,7 µg/L (WHO 2008, 2011). Este valor guía, en base a estimaciones de la potencia relativa de los HAPs, da protección para el resto de los miembros del grupo (WHO 1998, 2008).

1.4.3 Discusión

Metales y metaloides

Al igual que en el año de estudio anterior (COIRCO 2016), las concentraciones de metales/metaloides detectadas en el presente ciclo en todos los casos fueron inferiores a los respectivos valores guía para uso como fuente de agua potable y para uso agrícola y ganadero. La excepción la constituyó el plomo, cuya concentración en una sola oportunidad (Tabla 1.20) superó el valor guía para uso como fuente de agua potable y para la protección de la vida acuática en algunos lugares.

Los valores guía para la protección de la vida acuática para cobre y cromo fueron superados en diversas oportunidades. En este último caso el valor guía excedido fue para cromo hexavalente, no obstante, la concentración analizada se refiere a cromo total, no discriminando entre las diferentes especies presentes de este metal. Los niveles de cadmio, molibdeno, níquel, selenio y uranio fueron inferiores a sus respectivos valores guía para la protección de la vida acuática.

No hubo detección de mercurio. Sin embargo, el límite de cuantificación para este metal es superior al correspondiente valor guía para la protección de la vida acuática. Por lo tanto, la aptitud del agua para este uso no puede ser evaluada a través del análisis químico con el instrumental analítico disponible. Esta situación y la superación del citado valor guía por algunos metales/metaloides fue evaluada mediante la realización de ensayos ecotoxicológicos con agua.

A partir de los resultados obtenidos a través del análisis químico y de los ensayos ecotoxicológicos, se concluye que el agua mantiene su aptitud para todos los usos a que es sometida en la cuenca.

El origen de los metales y metaloides detectados se atribuye a la litología de la alta cuenca, ya que dichas sustancias generalmente presentan en esa zona, libre de influencia antrópica, las concentraciones más elevadas. A partir de la variación temporal de los niveles de ciertos metales/metaloides en agua se infiere que su origen estaría vinculado a la escorrentía superficial producida por la fusión nival.

HAPs

No hubo detección de HAPs en ninguno de los sitios muestreados durante todo el presente período de estudio.

Los resultados obtenidos indican que la calidad del agua para consumo humano no se encuentra afectada por la presencia de HAPs

1.5 Ensayos ecotoxicológicos

(Saenz, María Elena, Alberdi, José Luis, Di Marzio, Walter D. - Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Programa Integral de Calidad de Agua del Sistema del Río Colorado – Año 2016, Subprograma Calidad del Medio Acuático - Informe de Resultados, Noviembre de 2016).

Las muestras de agua para ensayos ecotoxicológicos fueron extraídas en el río Colorado en el mes de Octubre de 2016, en áreas donde tienen lugar actividades potencialmente generadoras de contaminantes (estación CL 3) y de distribución del agua para diferentes usos (estación CL 3). En la Tabla 1.34 se indican las estaciones de muestreo y su ubicación geográfica.

Tabla 1.34 Estaciones de muestreo de agua en el río Colorado para ensayos ecotoxicológicos

Estación	Sitio	Coordenadas
CL 3	Desfiladero Bayo	S 37° 21' 57,7" O 69° 01' 00,1"
CL 4	Punto Unido	S 37° 43' 28,5" O 67° 45' 50,7"

Los organismos de ensayo empleados para la evaluación de la ecotoxicidad crónica de la columna de agua en los sitios indicados fueron el alga *Chlorofita Selenastrum capricornutum*, actualmente denominada *Pseudokirchneriella subcapitata* (Hindak, 1990) y el microcrustáceo dulceacuícola *Daphnia magna*.

Con *Pseudokirchneriella subcapitata* se realizaron ensayos a fin de determinar la inhibición del crecimiento exponiendo a las muestras analizadas en ensayos estáticos de 96 horas de duración. Las respuestas obtenidas se utilizaron con el fin de obtener datos de fitotoxicidad de las muestras ambientales. La respuesta de la población fue medida en términos de cambios en densidad celular y contenido en clorofila "a" o absorbancia.

En los ensayos con *Daphnia magna* los efectos ecotóxicos seleccionados para la evaluación de la toxicidad crónica de esta especie frente a la exposición a las muestras de agua fueron la sobrevivencia y la reproducción.

1.5.1 Ensayos con *Daphnia magna*

1.5.1.1 Resultados

Supervivencia

Los resultados obtenidos para cada una de las diferentes concentraciones analizadas y grupos control respecto del efecto tóxico crónico sobre la mortalidad de los ejemplares expuestos durante 21 días se resumen en la Tabla 1.35. Se indican los valores medios de los porcentajes de supervivencia registrados, al cabo de 21 días de exposición, a una concentración del 100% de cada una de las muestras y controles, considerando tres réplicas por tratamiento.

Los datos de supervivencia obtenidos fueron sometidos al Test Exacto de Fisher a efectos de comprobar la existencia de diferencias significativas entre la supervivencia registrada en la población control y los distintos grupos de tratamiento, con un nivel de significación de 0,05.

Tabla 1.35 Porcentajes de supervivencia observados en una población de *Daphnia magna* al finalizar el ensayo al cabo de 21 días, para los controles y organismos expuestos a dos muestras líquidas del río Colorado extraídas en Octubre de 2016. Los resultados representan el promedio de tres réplicas por tratamiento y control.

Muestra	Supervivencia (%)	F^1 ($\alpha = 0,05$)	b^2
Control ³	96,67		
Desfiladero Bayo (CL3)	93,33	23	28
Punto Unido (CL 4)	83,33	23	25

¹ Valor Crítico de Fisher (F) a un nivel de significación de 0,05; ²Parámetro de Fisher: si b es mayor que F no existe diferencia significativa entre el Control y el Tratamiento considerado, a un nivel de significación de 0,05; ³ Población control, mantenida durante 21 días en las condiciones indicadas para el ensayo en agua de dilución, en ausencia de muestra.

Los resultados alcanzados indican que las muestras líquidas provenientes de las Estaciones CL 3 (Desfiladero Bayo) y Estación CL 4 (Punto Unido) no resultan ejercer efecto tóxico crónico significativo sobre la supervivencia ($p \leq 0,05$), respecto de los controles sobre la supervivencia de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días, en las condiciones de los ensayos.

Reproducción

Los resultados obtenidos para cada una de las muestras analizadas respecto del efecto tóxico crónico sobre la reproducción, expresada como Tasa Neta de Reproducción, de la población de *Daphnia magna* expuesta a las muestras durante 21 días se resumen en la Tabla 1.36. Se indican los valores medios y la desviación estándar de los porcentajes de supervivencia registrados, al cabo de 21 días de exposición, a cada una de las muestras y controles, considerando tres réplicas por tratamiento.

Tabla 1.36 - Tasa neta de reproducción (expresada como el número promedio de progenie hembra capaz de ser producida por cada hembra de la población durante toda su vida) calculada en una población de *Daphnia magna*, como consecuencia de la exposición crónica a dos muestras provenientes del río Colorado extraídas en Octubre de 2016, analizado durante 21 días. Los resultados representan el promedio de tres réplicas por tratamiento y control.

Muestra	Tasa Neta de Reproducción (número promedio de progenie hembra/hembra)
Control ¹	82,3633 ($\pm 2,9558$)
Desfiladero Bayo (CL 3)	95,1333 ($\pm 1,7156$)*
Punto Unido (CL 4)	86,5000 ($\pm 6,3930$)*

¹ Población control, mantenida durante 21 días en las condiciones del ensayo en agua de dilución, en ausencia de muestra. *Diferencia estadísticamente significativa respecto al control (ANOVA de un factor y test de Dunnett, $\alpha = 0,05$). Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de la Tasa Neta de Reproducción, luego de 21 días de exposición.

Los resultados alcanzados indican que la muestras provenientes de las Estaciones CL 2 (Buta Ranquil) y CL 3 (Desfiladero Bayo) resultan ejercer efecto tóxico crónico significativo respecto del control (ANOVA de un factor y test de Dunnett, $\alpha = 0,05$), sobre la reproducción, expresada como Tasa Neta de Reproducción, de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días, en las condiciones de los ensayos, pero presentando un efecto reproductivo positivo en relación a los controles mostrando un aumento significativo sobre este efecto.

1.5.1.2 Discusión

Los datos obtenidos en los ensayos crónicos con muestras líquidas del río Colorado, provenientes de las estaciones CL 3 (Desfiladero Bayo) y CL 4 (Punto Unido), permiten establecer que las mismas no presentan efecto

tóxico crónico sobre la supervivencia. En cambio se observa un efecto sobre la reproducción de las poblaciones de *Daphnia magna* expuestas siendo el mismo no detrimental, sino lo contrario, observándose un aumento significativo en el número de crías producidas en los expuestos en ambas estaciones en relación a los controles. Este efecto se podría producir por la presencia de minerales (como el selenio) que mejorarían la performance biológica de las poblaciones expuestas de *Daphnia magna*.

1.5.2 Ensayos con *Pseudokirchneriella subcapitata*

1.5.2.1 Resultados

En la tabla 1.37 se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de inhibición de crecimiento algal empleando la especie *P. subcapitata*. Cada resultado representa la media de cuatro réplicas. El desvío estándar se indica entre paréntesis.

Tabla 1.37 - Resultados obtenidos luego de la incubación de *P. subcapitata* en medio control y en las muestras ambientales enriquecidas por un período de 96 horas. Entre paréntesis se indica el desvío estándar.

Muestra	Densidad celular (células/ml x 10 ⁶)	Clorofila <i>a</i> <i>in vivo</i> (µg/L)	% Inhibición
Control	2,04 (±0,1)	38,1 (±2,6)	-
Desfiladero Bayo (CL 3)	2,07 (±0,8)	38,3 (±1,5)	0
Punto Unido (CL 4)	1,97 (±0,5)	36,3 (±1)	5

El análisis estadístico realizado demostró que los efectos inhibitorios observados entre los resultados obtenidos entre las muestras ambientales enriquecidas y los controles no fueron estadísticamente significativos (Tabla 1.36).

Las muestras de ambos sitios no contienen sustancias que inhiben el crecimiento algal, ya que el agregado de las sales nutritivas permitió un desarrollo de la población algal con densidades similares a los controles.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las dos series de ensayos realizados, las muestras ambientales evaluadas no ejercieron efectos fitotóxicos sobre las poblaciones algales de *P.subcapitata* CCAP 278/4.

Análisis microscópico

Se realizaron observaciones al microscopio de alícuotas tomadas de los cultivos tratados y controles a magnificaciones de X450 y X1000 (aceite de inmersión) Las células algales expuestas a las muestras ambientales no presentaron deformaciones ni contenidos celulares anormales, con geometrías y tamaños correspondientes a células algales no tratadas (controles).

1.6 Conclusiones

De los resultados expuestos, es posible establecer que:

- Las muestras de la columna de agua evaluadas, correspondientes a las estaciones Desfiladero Bayo y Punto Unido ubicadas en el río Colorado, en las condiciones de los ensayos, no han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos, en relación a los controles, (ANOVA-Dunnett $p > 0.05$) sobre la sobrevivencia de la población del microcrustáceo del zooplancton dulceacuícola *Daphnia magna*, como resultado de la exposición durante 21 días.
- Las muestras de la columna de agua evaluadas, correspondientes a la estación Desfiladero Bayo y Punto Unido ubicadas en el río Colorado, resultaron ejercer efectos estimulatorios crónicos significativos, respecto de los controles (ANOVA-Dunnett $p < 0.05$), sobre la reproducción, expresada como Tasa Neta de Reproducción, de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días, en las condiciones de los ensayos.
- No hubo efectos ecotóxicos sobre el crecimiento del alga *Selenastrum capricornutum* (ANOVA-Dunnett $p > 0.05$)

Esta conclusión es coherente con la obtenida a través de los análisis químicos efectuados a fin de constatar la aptitud del agua para diferentes usos en los mencionados sitios. No obstante, en relación con el efecto estimulatorio observado en la reproducción de *Daphnia magna*, atribuible a la presencia de selenio, cabe destacar que dichos análisis no detectaron en esa oportunidad la presencia de esta sustancia en ambos sitios muestreados.

En otro aspecto, los ensayos ecotoxicológicos aportan información en aquellos casos donde no es posible arribar a una conclusión por limitaciones del instrumental analítico disponible o por haberse superado un valor guía para la protección de la vida acuática.

Referencias

- CCREM (Canadian Council of Resource and Environment Ministers), 1987, *Canadian Water Quality Guidelines*.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2005, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses - Irrigation*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2005, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses - Livestock*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2006, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2011, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2014, *Canadian Environmental Quality Guidelines*.
- COIRCO, 2016, Programa Integral de Calidad de Aguas, Subprograma Calidad del Medio Acuático, Informe Preliminar Año 2015, Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, 66 pp. – Disponible en www.coirco.gov.ar
- ISO/IEC, 2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- WHO (World Health Organization), 1993, *Guidelines for drinking-water quality*, Second edition, Volume 1, Recommendations, Geneva.
- WHO (World Health Organization), 1998, *Guidelines for drinking-water quality*, Second edition, Addendum to Volume 2, Health criteria and other supporting information, Geneva.
- WHO (World Health Organization), 2008, *Guidelines for drinking-water quality*, Third edition, incorporating the first and second addenda, Geneva.
- WHO (World Health Organization), 2011, *Guidelines for drinking-water quality*, Fourth edition, Geneva.

Capítulo 2

CALIDAD DE LOS

SEDIMENTOS DE FONDO

2.1 Introducción

El presente capítulo contiene los resultados de los análisis de metales/metaloideos, hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) y ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo, realizados con muestras extraídas en las estaciones de la red de monitoreo del Subprograma Calidad del Medio Acuático (Tabla 1.1) durante el ciclo 2016 a fin de verificar la aptitud de los sedimentos de fondo para el desarrollo de la vida acuática..

Se describen las metodologías de muestreo y mediciones *in situ* así como las técnicas y métodos analíticos y de ensayo empleados por los laboratorios actuantes.

2.2 Estaciones de monitoreo

Tabla 2.1 Estaciones de monitoreo de sedimentos de fondo en el embalse en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra

Estación de muestreo	Coordenadas geográficas
Río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández ⁽¹⁾	S 37°18'36,6" - O 69°03'02,4"
Embalse Casa de Piedra (toma)	
Sitio 1a	S 38°12'32,7" - O 67°13'13,7"
Sitio 1b	S 38°12'51,8" - O 67°12'34,3"
Sitio 1c	S 38°12'59,5" - O 67°12'19,4"
Sitio 2a	S 38°12'17,7" - O 67°12'54,7"
Sitio 2b	S 38°12'35,7" - O 67°12'19,2"
Sitio 2c	S 38°12'41,8" - O 67°12'00,8"
Sitio 3a	S 38°12'00,3" - O 67°12'37,7"
Sitio 3b	S 38°12'15,4" - O 67°12'02,8"
Sitio 3c	S 38°12'23,1" - O 67°11'44,3"

2.3 Metodología de muestreo

La preparación de los elementos para el muestreo y la obtención de las muestras de sedimentos de fondo se llevó a cabo conforme a lo establecido en los respectivos Procedimientos Operativos Estándar (PO S001 y PO S002) del Programa de Aseguramiento de la Calidad para Operaciones de Campo del COIRCO.

En el embalse Casa de Piedra las muestras de sedimentos de fondo fueron extraídas desde una embarcación utilizándose una draga tipo *Eckman*.

Para efectuar el submuestreo de los sedimentos de fondo extraídos con la draga se emplearon elementos de vidrio previamente lavados con ácido nítrico al 5% y agua ultrapura (Tipo I ASTM) (muestras para análisis de metales/metaloides y ensayos ecotoxicológicos) y con ácido nítrico 5% y acetona grado cromatográfico (muestras para análisis de hidrocarburos). Mediante dichos elementos se submuestrearon las porciones de sedimentos que no estuvieron en contacto con la draga. Las submuestras obtenidas fueron homogeneizadas en recipientes de vidrio sometidos al procedimiento de lavado antes indicado, extrayéndose luego las porciones para enviar a los laboratorios. Se estima que los sedimentos obtenidos son representativos del estrato 0-10 cm.

Para el muestreo de sedimentos de fondo en la estación ubicada en el río Colorado aguas abajo de Puesto Hernández se utilizó un tubo de acrílico (*corer*) de 5 cm de diámetro interno y 65 cm de largo. En una grilla, se tomaron 20 muestras, extrayéndose de cada una de ellas sendas submuestras de los primeros 5 cm de sedimento. Las 20 submuestras se homogeneizaron en recipientes de vidrio previamente acondicionados y posteriormente se extrajeron las porciones para enviar a cada uno de los laboratorios.

Los elementos de muestreo, homogeneización y envasado fueron previamente lavados mediante el procedimiento antes descrito.

Para el análisis de metales y metaloides y HAPs, las porciones de sedimentos fueron envasadas en recipientes de vidrio sometidos previamente al procedimiento de limpieza antes descrito.

Las muestras de sedimentos de fondo para ensayos ecotoxicológicos fueron extraídas solamente en el embalse Casa de Piedra. Las correspondientes submuestras fueron envasadas en porciones de aproximadamente 2 kg en bolsas de polietileno.

Las muestras fueron mantenidas en campo en conservadoras con hielo. Las correspondientes a metales y metaloides y HAPs fueron congeladas en *freezer* (-18°C) y enviadas a los laboratorios. Las muestras para ensayos ecotoxicológicos fueron mantenidas bajo refrigeración y remitidas al laboratorio en ese estado.

2.4 Metodologías analíticas

2.4.1 Análisis de metales y metaloides

Los análisis de metales y metaloides en los sedimentos de fondo fueron llevados a cabo en el laboratorio del Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN), dependiente del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2005).

Técnicas y métodos analíticos

Las técnicas y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 - Técnicas y métodos analíticos empleados en el análisis de metales y metaloides en sedimentos de fondo y sus respectivos límites de cuantificación.

Elemento	Técnica analítica	Método analítico	Límite de cuantificación (µg/g)
Arsénico	ICP-OES	EPA 3051 - 7061 a	1
Bario	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	0,5
Boro	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	2
Cadmio	ICP-OES	EPA 3051 - 213.2	0,3
Cinc	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	0,7
Cobre	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	0,5
Cromo	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	0,3
Mercurio	A.A. por vapor frío	EPA 3051- EPA 7471a	0,05
Molibdeno	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	0,5
Níquel	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	0,3
Plata	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	1
Plomo	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	1
Selenio	ICP-OES	EPA 3051 - 7741a	0,5
Vanadio	ICP-OES	EPA 3051 - 6010 B	0,3

AA: espectrometría de absorción atómica - ICP-OES: espectrometría de emisión óptica por plasma inductivo

2.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares

Técnica y métodos analíticos

Los análisis de HAPs en muestras de agua fueron llevados a cabo en el laboratorio de INDUSER de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2005)

La técnica y el método analítico empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 2.3

Tabla 2.3 – Técnica y métodos analíticos empleados en el análisis de HAPs en sedimentos de fondo y sus respectivos límites de cuantificación.

HAPs	Técnica analítica	Método analítico	Límite de cuantificación (µg/g)
Naftaleno	Cromatografía gaseosa con espectrometría de masas	EPA 3540 C/ 8270 D	0,006
Acenaftileno			0,006
Acenafteno			0,006
Fluoreno			0,006
Fenantreno			0,006
Antraceno			0,006
Fluoranteno			0,006
Pireno			0,006
Benzo(a)antraceno			0,006
Criseno			0,006
Benzo(b)fluoranteno			0,006
Benzo(k)fluoranteno			0,006
Benzo(a)pireno			0,006
Dibenzo(a,h)antraceno			0,006
Benzo(g,h,i)perileno			0,006
Indeno(1,2,3-cd)pireno			0,006
2-metilnaftaleno			0,006
1,3-dimetilnaftaleno			0,006
1-metilfenantreno	0,006		

2.5 Ensayos ecotoxicológicos crónicos con sedimentos de fondo y evaluación de biomarcadores

Métodos

Los ensayos ecotoxicológicos y la evaluación de marcadores fue llevada a cabo en el laboratorio del Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján según los siguientes métodos y protocolos:

- Ensayos con *Hyalella curvispina*: El protocolo utilizado corresponde al recomendado por US EPA (1996, 2000) y Di Marzio et al. (1999).
- Ensayos con *Vallisneria spiralis*: los ensayos fueron realizados según las recomendaciones indicadas en Biernacki *et al* (Biernacki M, Lovett Doust J and Lovett Doust L. 1997. Laboratory assay of sediment phytotoxicity using the macrophyte *Vallisneria americana*. Environ. Toxicol. Chem. 16(3): 472-478).
- Evaluación de la actividad enzimática guaiacolperoxidasa en *Vallisneria spiralis* y *Myriophyllum spicatum*: se llevó a cabo por el método desarrollado

por Egert y Tevini (Egert M and Tevini M. 2002. *Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives, Allium schoenoprasum*, *Environ. Exp. Botany* 48, 43-49.

- Evaluación de la actividad enzimática catalasa en *Vallisneria spiralis* y *Myriophyllum spicatum*: se llevó a cabo empleando el método de Johansson y Borg (Johansson LH and Borg LA, 1988. *A spectrophotometric method for determination of catalase activity in small tissue samples*, *Anal Biochem* 174, 331-336.)

- Ensayos con *Myriophyllum spicatum*: los ensayos fueron realizados según la Norma de la OECD (OECD. 2014. *Guidelines for the testing of chemicals. Water-sediment Myriophyllum spicatum toxicity test* (TG 239). ENV/JM/WRPR 16. 20 pp.)

Evaluación de la actividad enzimática ascorbato peroxidasa en *Myriophyllum spicatum*: se llevó a cabo según los protocolos de Nakano y Asada (Nakano Y. and Asada K. 1981. *Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast*. *Plant Cell. Physiol.* 22: 867-880.)

2.6 Resultados

2.6.1 Análisis químico

2.6.1.1 Metales y metaloides

Tabla 2.4 Metales y metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández (Septiembre 2016)

Metales/metaloides ($\mu\text{g/g}$)	
Arsénico	4,8
Bario	198
Boro	32
Cadmio	<0,3
Cinc	46
Cobre	19
Cromo	15
Mercurio	<0,05
Molibdeno	2,8
Níquel	14
Plata	<1
Plomo	7,2
Selenio	<0,5
Vanadio	71

Tabla 2.5 Metales y metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo en la toma del embalse Casa de Piedra (Septiembre 2016)

Metales/metaloides ($\mu\text{g/g}$)	Transectas								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Arsénico	11	12	8,8	12	13	9,6	3,2	7,3	9,0
Bario	244	233	243	235	247	239	173	214	250
Boro	78	79	74	70	73	73	46	66	71
Cadmio	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Cinc	94	93	86	86	95	95	59	81	81
Cobre	42	43	41	43	47	48	26	38	39
Cromo	34	36	34	31	33	33	20	31	35
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Níquel	21	20	19	19	20	20	13	18	19
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	13	13	13	14	19	20	8,0	11	12
Selenio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Vanadio	175	183	171	164	167	167	122	159	180

2.6.1.2 Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Tabla 2.6 - HAPs en sedimentos de fondo ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández (Septiembre 2016)

HAPs	$\mu\text{g/g}$ (peso seco)
Naftaleno	<0,006
Acenaftileno	<0,006
Acenafteno	<0,006
Fluoreno	<0,006
Fenantreno	<0,006
Antraceno	<0,006
Fluoranteno	<0,006
Pireno	<0,006
Benzo[a]antraceno	<0,006
Criseno	<0,006
Benzo[b]fluoranteno	<0,006
Benzo[k]fluoranteno	<0,006
Benzo[a]pireno	<0,006
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,006
Benzo[g,h,i]perileno	<0,006
Indeno[1,2,3cd]pireno	<0,006
2-metilnaftaleno	<0,006
1,3-dimetilnaftaleno	<0,006
1-metilfenantreno	<0,006

Tabla 2.7– HAPs en sedimentos de fondo ($\mu\text{g/g}$ peso seco) extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra (Septiembre de 2016).

HAPs ($\mu\text{g/g}$)	Transectas								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Acenaftileno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Acenafteno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Fluoreno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Fenantreno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Antraceno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Fluoranteno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Pireno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Benzo[a]antraceno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Criseno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Benzo[b]fluoranteno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Benzo[k]fluoranteno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Benzo[a]pireno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Benzo[g,h,i]perileno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Indeno[1,2,3cd]pireno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
2-metilnaftaleno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
1,3-dimetilnaftaleno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
1-metilfenantreno	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006

2.7 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides y HAPs fueron evaluados tomando como referencia los valores guía para la protección de la vida acuática publicados en *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CCME 2014) los cuales figuran en las Tablas 2.8 y 2.9.

Tabla 2.8 Valores guía y niveles de efecto probable de metales y metaloides en sedimentos de fondo de agua dulce para la protección de la vida acuática⁽¹⁾

Metal/metaloides	Valor guía (µg/g, peso seco)	Nivel de Efecto Probable (µg/g, peso seco)
Arsénico	5,9	17,0
Cadmio	0,6	3,5
Cinc	123,0	315,0
Cobre	35,7	197,0
Cromo (total)	37,3	90,0
Mercurio	0,170	0,486
Plomo	35,0	91,3

⁽¹⁾Canadian Environmental Quality Guidelines, CCME, 2014

Tabla 2.9 Valores guía de HAPs para la calidad de los sedimentos de aguas dulces para la protección de la vida acuática (*Canadian Environmental Quality Guidelines*, CCME, 2014)

HAPs	Valor guía (µg/g)	Nivel de Efecto Probable (µg/g)
Acenafteno	0,00671	0,0889
Acenaftileno	0,00587	0,128
Antraceno	0,0469	0,245
Benzo[a]antraceno	0,0317	0,385
Benzo[a]pireno	0,0319	0,782
Criseno	0,0571	0,862
Dibenzo[a,h]antraceno	0,00622	0,135
Fenantreno	0,0419	0,515
Fluoranteno	0,111	2,355
Fluoreno	0,0212	0,144
2-Metilnaftaleno	0,0202	0,201
Naftaleno	0,0346	0,391
Pireno	0,0530	0,875

2.8 Discusión

En el presente ciclo, en los casos en que hubo detección, se observó que las concentraciones de los diferentes metales y metaloides investigados en la fracción recuperable total en muestras de sedimentos de fondo extraídas en el río Colorado aguas abajo de Puesto Hernández fueron inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática

En la toma del embalse Casa de Piedra, para arsénico y cobre el valor guía para la protección de la vida acuática fue superado en todos los sitios de las transectas muestreadas a excepción del punto 3a. Sin embargo, las concentraciones observadas de estas sustancias fueron muy inferiores a los respectivos niveles de efecto probable.

Los niveles de cinc, cromo y plomo fueron inferiores a sus respectivos valores guía para la protección de la vida acuática, tanto en el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández) como en la toma del embalse Casa de Piedra. No se observó la presencia de cadmio, mercurio, molibdeno y selenio en ninguno de los sitios muestreados.

No hubo detección de HAPs en las muestras de sedimentos de fondo extraídas aguas abajo de Puesto Hernández y en la toma del embalse Casa de Piedra.

2.9 Ensayos ecotoxicológicos crónicos con sedimentos de fondo

(Saenz, María Elena, Alberdi, José Luis, Di Marzio, Walter D. - Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Programa Integral de Calidad de Agua del Sistema del Río Colorado – Año 2016, Subprograma Calidad del Medio Acuático - Informe de Resultados, Noviembre de 2016).

2.9.1 Ensayos con *Hyalella curvispina*

Se llevaron a cabo ensayo de ecotoxicidad crónica con sedimentos de fondo empleando como organismo de ensayo el anfípodo bentónico dulceacuícola *Hyalella curvispina*, evaluándose los efectos tóxicos sobre la sobrevivencia y el crecimiento.

2.9.1.1 Resultados

Tabla 2.10 Porcentajes de mortalidad y valores de la longitud total media observados como resultado de la exposición durante 10 días de una población de *Hyalella curvispina* a muestras de sedimento entero (100%) obtenidas aguas abajo de Puesto Hernández y en las estaciones Toma (1a, 2c y 3a) en el mes de Septiembre de 2016.

Muestra	Sobrevivencia (%)	s	c.v.	Crecimiento (μm)	s	c.v.
Control ¹	97,5	0,5	5,13	1514	58,81	3,88
Puesto Hernández	82,5*	0	6,06	1517	57	3,76
Toma del embalse Casa de Piedra (1a)	100	0,58	0	1582	27,54	1,74
Toma del embalse Casa de Piedra (2c)	97,5	0,50	5,13	1539	63,51	4,12
Toma del embalse Casa de Piedra (3a)	95	0,50	6,08	1585	19,41	1,22

¹ Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar y agua de dilución. s: desvío estándar, c.v.: coeficiente de variación en %. * significativo respecto de los controles $p < 0,05$.

2.9.1.2 Discusión

Los resultados obtenidos permiten establecer que no se han registrado efectos ecotóxicos de los sedimentos analizados respecto del crecimiento sobre individuos de *Hyalella curvispina* para las muestras de Puesto Hernández y Toma del embalse 1a, 2c y 3a

La sobrevivencia en la estación Puesto Hernández fue significativamente distinta de los controles ($p < 0,05$).

2.9.2 Ensayos con *Vallisneria spiralis*

Se llevaron a cabo ensayo de ecotoxicidad crónica con sedimentos de fondo empleando como organismo de ensayo la macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, evaluándose los efectos tóxicos sobre la generación de biomasa a través del conteo de hojas nuevas, con lo cual se estimó la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), y del contenido de clorofila *a*.

2.9.2.1 Resultados

Tabla 2.11. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) y contenido de clorofila *a* de *Vallisneria spiralis* al cabo de 10 días de exposición a sedimento control y a muestras de 100% de sedimento provenientes de las estaciones Puesto Hernández y Toma del embalse Casa de Piedra (Septiembre de 2016). Los resultados para cada muestra representan el promedio y el desvío estándar.

Muestra	Tasa de crecimiento relativo (TCR)	Contenido de clorofila <i>a</i> (mg/g, peso fresco)
Control ¹	10,6 (±1,06)	287,0 (±4,3)
Puesto Hernández	8,8 (±1,45)*	257,5 (±3,5)*
Toma del embalse 1a	11,4 (±0)	281,0 (±8,4)
Toma del embalse 2c	11,3 (±1,97)	286,0 (±5,6)
Toma del embalse 3a	13,3 (±0,77)*	298,3 (±4,1)*

¹ Población control mantenida durante 10 días en las condiciones indicadas para el ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra. Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de tasa de crecimiento y contenido de clorofila *a*. *Diferencias significativas (ANOVA Test de Dunnett $p \leq 0,05$)

2.9.2.2 Discusión

Los valores reportados en la Tabla 2.11 indican que se registró una estimulación de crecimiento de *Vallisneria spiralis* incubada en los sedimentos provenientes de las estaciones de muestreo Toma Embalse 1A y Toma del embalse 2c, pero estas diferencias no fueron significativas.

Por otra parte, existieron diferencias significativas entre el crecimiento de las plantas incubadas en el sedimento de la muestra Toma de Embalse 3a y Puesto Hernández y el crecimiento de las plantas controles (ANOVA "test" de Dunnett, $p < 0,05$). Las plantas incubadas en el sedimento de Toma Embalse 3a presentaron una TCR mayor a las plantas controles, siendo esta estimulación del crecimiento del 20 % respecto a los controles. Las plantas incubadas en el sedimento de Puesto Hernández, presentaron una TCR menor a las plantas controles, siendo esta inhibición del crecimiento del 17 % respecto a los controles.

Los resultados de contenido en Clorofila *a* se correspondieron con los efectos observados ya que se registraron diferencias significativas entre los valores de Clorofila *a* de las plantas incubadas en los sedimentos de la muestra Toma Embalse 3a y Puesto Hernández y los controles.

2.9.3 Evaluación de las actividades enzimáticas de guaiacol peroxidasa y catalasas sobre *Vallisneria spiralis* expuesta al sedimento entero.

Las actividades guaiacol peroxidasa y catalasas fueron determinadas en los ejemplares control y expuestos al sedimento entero de las estaciones toma del embalse 1a, toma del embalse 2c, toma del embalse 3a y Puesto Hernández utilizadas en los ensayos de ecotoxicidad.

2.9.3.1 Resultados

En las Tablas 2.12 y 2.13 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de las actividades enzimáticas de guaiacolperoxidasa y catalasas en ejemplares de *Vallisneria spiralis* expuestas a sedimentos extraídos en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra.

2.9.3.1.1 Evaluación de la actividad de guaiacol peroxidasa

Tabla 2.12 Actividad guaiacol peroxidasa (milimoles de guaiacol catalizado por minuto de reacción por mg de proteína y en unidades enzimáticas) luego de la exposición durante 10 días de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento entero provenientes de diferentes estaciones (Septiembre de 2016).

Muestra	Actividad guaiacol peroxidasa (mM Guaiacol/min/mg proteína)	Actividad (Unidades enzimáticas) ²
Control ¹	0,96 (±0,1)	82 (±4,2)
Puesto Hernández	0,38 (±0,3)*	33 (±3,3)*
Toma del embalse 1a	0,83 (±0,2)	71 (±2,5)
Toma del embalse 2c	0,92 (±0,4)	79 (±10,1)
Toma del embalse 3a	0,71 (±0,1)*	61 (±6,3)*

¹ Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar. ² Una unidad enzimática corresponde a la variación de 0,01 unidades de absorbancia/minuto. Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de actividad enzimática. *Diferencias significativas (ANOVA Test de Dunnett $p < 0,05$)

Los resultados registrados en la Tabla 2.12 permiten observar la ausencia de diferencias significativas (ANOVA de un factor con test de Dunnett, $p < 0,05$) entre los valores de la actividad guaiacol peroxidasa en las hojas de las plantas incubadas en las muestra de sedimento entero provenientes de Toma del embalse 1a y Toma del embalse 2c respecto de las plantas controles no expuestas.

Los sedimentos provenientes del sitio de muestreo Toma del embalse 3a y Puesto Hernández provocaron una disminución significativa de la actividad de esta enzima en las hojas de las plantas respecto a la actividad de las plantas controles. La disminución registrada fue de 25 y 59 %, respectivamente.

2.9.3.1.2 Evaluación de la actividad de catalasas

Tabla 2.13 Actividad catalasas (en milimoles de peróxido de hidrógeno catalizado por minuto de reacción por mg de proteína y en unidades enzimáticas) luego de la exposición durante 10 días de una población de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento entero provenientes de las diferentes estaciones de muestreo (Septiembre de 2016).

Muestra	Actividad catalasas (mM H ₂ O ₂ /min/mg proteína)	Actividad (Unidades enzimáticas) ²
Control ¹	115,1 (±9,8)	14,2 (±0,9)
Puesto Hernández	70,6 (±4,2)*	8,6 (±1,1)*
Toma del embalse 1a	67,3 (±5,5)*	8,2 (±1,8)*
Toma del embalse 2c	58,5 (±6,1)*	7,1 (±1,4)*
Toma del embalse 3a	62,1 (±8,4)*	7,6 (±0,5)*

¹ Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar. ² Una unidad enzimática corresponde a la variación de 0,01 unidades de absorbancia/minuto. Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de actividad enzimática. *Diferencias significativas (ANOVA Test de Dunnett p<0,05)

Los resultados registrados en la Tabla 2.13 permiten observar que existieron diferencias significativas (ANOVA de un factor con test de Dunnett, p < 0,05) entre los valores de la actividad catalasas de los ejemplares expuestos al sedimento entero del sitio Toma del embalse 1a, Toma del Embalse 2c, Toma del embalse 3a y Puesto Hernández, respecto de los controles en sedimento estándar.

Las actividades enzimáticas de los ejemplares incubados en los sedimentos de los sitios de muestreo resultaron disminuidas, correspondiendo a inhibiciones entre 49 y 39%, respecto a los controles.

2.9.4 Ensayos ecotoxicológicos con *Myriophyllum spicatum*

En el presente estudio se decidió incluir *Myriophyllum spicatum* por tratarse de la única norma existente para la evaluación de sedimentos utilizando una macrofita enraizada .

Los estudios ecotoxicológicos de sedimentos mediante la utilización de este organismo, consistieron en evaluar los efectos sobre el crecimiento vegetativo utilizando soluciones nutritivas estándares y sedimentos controles. Para este fin, se seleccionaron vástagos de plantas saludables, no florecidas, y se incubaron en sedimento control con la adición de medio nutritivo para asegurar el óptimo crecimiento. Luego de esta fase de establecimiento que permite la formación de raíces, los vástagos se trasladaron a los sedimentos a estudiar y se los incubó bajo condiciones controladas durante 14 días. Al cabo de este tiempo, se evaluó el crecimiento en forma cuantitativa y se realizaron 43 observaciones del estado general de las plantas. Las observaciones se compararon con plantas incubadas en sedimento control.

De acuerdo a lo indicado en la norma, se eligió uno de los dos diseños experimentales aconsejados, el cual consistió en la incubación de 3 vástagos de *Myriophyllum spicatum* en un recipiente con la muestra de sedimento, colocado en un acuario de 1 litro de capacidad. En la Tabla 2.14 se presentan los resultados de los ensayos con este organismo de prueba.

Tabla 2.14 Tasa de crecimiento relativa (TCR) indicando promedio y desvío estándar, y evaluaciones biológicas realizadas de *Myriophyllum spicatum* al cabo de 14 días de exposición en el sedimento control y en muestras al 100 % de sedimento provenientes de las diferentes estaciones.

Muestra	TCR	Evaluación tallos	Anormalidades	Ramas laterales	Evaluación raíces
Control ¹	0,024(0,01)	--	--	sí	4
Puesto Hernández	0,020 (0)*	sin C/N	ausentes	sí	3*
Toma del embalse 1a	0,040 (0,001)*	sin C/N	ausentes	sí	4
Toma del embalse 2c	0,035 (0,002)*	sin C/N	ausentes	sí	4
Toma del embalse 3a	0,028 (0,001)*	sin C/N	ausentes	sí	4

¹ Población control, mantenida durante 14 días en las condiciones indicadas para el ensayo en ausencia de muestra. C/N: clorosis/necrosis. * diferencias significativas (ANOVA test de Dunnett $p \leq 0,05$)

2.9.4.1 Resultados

Los resultados indicados en la Tabla 2.14 permiten concluir que todos los sedimentos estudiados ejercieron acción sobre la tasa de crecimiento respecto a los controles. Los sitios Toma del embalse 1a, Toma del embalse 2c y Toma del embalse 3a, provocaron una estimulación significativa entre

un 16 y 66 % respecto al control. El sitio Puesto Hernández ejerció una disminución significativa de este parámetro de 16 % respecto al control.

2.9.4.2 Discusión

Considerando las evaluaciones visuales realizadas, todos los ejemplares presentaron aspectos saludables como las plantas controles, a excepción de las plantas incubadas en el sitio Puesto Hernández que presentaron un desarrollo moderado de raíces (Tabla 2.14).

2.9.5 Evaluación de las actividades enzimáticas de guaiacol peroxidasa, catalasas y ascorbato peroxidasa sobre *Myriophyllum spicatum* expuesta a sedimento entero

2.9.5.1 Evaluación de la actividad guaiacol peroxidasa

En la Tabla 2.15 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de la actividad enzimática guaiacolperoxidasa en *Myriophyllum spicatum*.

Tabla 2.15 Actividad guaiacol peroxidasa (actividad expresada en unidades enzimáticas) luego de la exposición durante 14 días de *Myriophyllum spicatum* a muestras de sedimento entero provenientes de las diferentes estaciones. Los resultados representan el promedio y desvío estándar.

Muestra	Actividad (UE) ²
Control ¹	123 (±12)
Puesto Hernández	49 (±1,3)*
Toma del embalse 1a	109 (±1,6)
Toma del embalse 2c	129 (±14)
Toma del embalse 3a	91 (±5,1)*

¹Población control, mantenida durante 14 días en las condiciones indicadas para el ensayo en sedimento estandar. ² Una unidad enzimática corresponde a la variación de 0,01 unidades de absorbancia/minuto *diferencias significativas (ANOVA- Dunnett p < 0,05.)

2.9.5.2 Evaluación de la actividad de catalasas

En la Tabla 2.16 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de la actividad catalasas en ejemplares de *Myriophyllum spicatum* expuestos a muestras sedimentos de fondo extraídas en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra.

Tabla 2.16 Actividad catalasas (actividad expresada en unidades enzimáticas) luego de la exposición durante 14 días de una población de *Myriophyllum spicatum* a muestras de sedimento entero provenientes de las diferentes estaciones. Los resultados representan el promedio y desvío estándar.

Muestra	Actividad (UE) ²
Control ¹	22,1 (±3,8)
Puesto Hernández	10,6 (±1,3)*
Toma del embalse 1a	10,4 (±1,6)*
Toma del embalse 2c	9,7 (±2,4)*
Toma del embalse 3a	6,1 (±0,3)

¹Población control, mantenida durante 14 días en las condiciones indicadas para el ensayo en sedimento estándar. ² Una unidad enzimática corresponde a la variación de 0,01 unidades de absorbancia/minuto * diferencias significativas (ANOVA- Dunnett $p < 0,05$)

Los resultados registrados en la Tabla 2.16 permiten observar que existieron diferencias significativas (ANOVA de un factor con test de Dunnett, $p < 0,05$) entre los valores de la actividad catalasas de los ejemplares expuestos al sedimento entero del sitio Toma del embalse 1a, Toma de embalse 2c, Toma del embalse 3a y Puesto Hernández, respecto de los controles en sedimento estándar.

Las actividades enzimáticas de los ejemplares incubados en los sedimentos de los sitios de muestreo resultaron disminuidas, correspondiendo a inhibiciones entre 52 y 72 %, respecto a los controles.

2.9.5.3 Evaluación de la actividad de ascorbato peroxidasa

Los resultados de la evaluación de la actividad ascorbato peroxidasa en ejemplares de *Myriophyllum spicatum* expuestos a sedimentos de fondo del río Colorado y del embalse Casa de Piedra se presentan en la Tabla 2.17

Tabla 2.17 Actividad ascorbato peroxidasa (actividad expresada en unidades enzimáticas) luego de la exposición durante 14 días de una población de *Myriophyllum spicatum* a muestras de sedimento entero provenientes de las diferentes estaciones. Los resultados representan el promedio y desvío estándar.

Muestra	Actividad (UE)
Control ¹	1,13 ($\pm 0,1$)
Puesto Hernández	1,37 ($\pm 0,12$)*
Toma del embalse 1a	1,19 ($\pm 0,3$)
Toma del embalse 2c	2,05 (0,4)*
Toma del embalse 3a	1,84 ($\pm 0,3$)*

¹Población control, mantenida durante 14 días en las condiciones indicadas para el ensayo en sedimento estándar. ² Una unidad enzimática corresponde a la variación de 0,01 unidades de absorbancia/minuto * diferencias significativas (ANOVA- Dunnett $p < 0,05$)

Los resultados registrados en la Tabla 2.17 permiten observar que existieron diferencias significativas (ANOVA de un factor con test de Dunnett, $p < 0,05$) entre los valores de la actividad de ascorbato peroxidasa de los ejemplares expuestos al sedimento entero del sitio Toma del embalse 2c, Toma del embalse 3a y Puesto Hernández, respecto de los controles en sedimento estándar.

La actividad de esta enzima resultó estimulada en las plantas incubadas en los sedimentos de los sitios mencionados de manera significativa respecto a los controles. Esta estimulación de la actividad resultó entre 21 y 81 % respecto a la actividad de las plantas controles incubadas en sedimento estándar.

En resumen, en relación con los efectos sobre el crecimiento y actividades enzimáticas de *Vallisneria spiralis* y *Myriophyllum spicatum* se han efectuado las siguientes observaciones:

- Los sedimentos provenientes de la Toma del embalse 3a y Puesto Hernández alteraron el crecimiento de *Vallisneria spiralis*. Las plantas incubadas en el sedimento de la Toma del embalse 3a presentaron una Tasa de Crecimiento Relativo mayor a las plantas controles, siendo esta estimulación del crecimiento del 20 % respecto a los controles. Las plantas incubadas en el sedimento de Puesto Hernández, presentaron una TCR menor a las plantas controles, siendo esta inhibición del crecimiento de 17 % respecto a los controles. Los sedimentos provenientes de los otros sitios no afectaron el crecimiento de *Vallisneria spiralis*.

- Los sedimentos provenientes de Toma del embalse 3a y Puesto Hernández alteraron la actividad de la enzima guaiacol peroxidasa, produciendo una

disminución de la misma de 25 y 59 %, respectivamente, respecto al control. Los sedimentos provenientes de los sitios Toma del embalse 1a y Toma del embalse 2c no afectaron significativamente la actividad de esta enzima, respecto a los controles.

- Las muestras provenientes de todos los sitios de muestreo produjeron una disminución estadísticamente significativa de la actividad de la enzima catalasa, respecto a los controles.

- Los sedimentos provenientes de los sitios Toma del embalse 3a y Puesto Hernández afectaron todos los parámetros evaluados (tasa de crecimiento y actividad enzimática de ambas enzimas).

- Los sedimentos provenientes de los sitios Toma del embalse 1a y 2c no afectaron el crecimiento ni la actividad de la enzima guaiacol peroxidasa. Estos sitios produjeron efectos sobre la actividad de la enzima catalasa.

- Los sedimentos provenientes de los sitios Toma del embalse 1a, Toma del embalse 2c y Toma del embalse 3a, provocaron una estimulación significativa del crecimiento de *Myriophyllum spicatum* respecto al control, mientras que los sedimentos del sitio Puesto Hernández ejercieron una disminución significativa de este parámetro respecto al control.

- Los sedimentos provenientes de Toma del embalse 3a y Puesto Hernández alteraron la actividad de la enzima guaiacol peroxidasa, produciendo una disminución de la misma de 26 y 60 % respectivamente respecto al control. Los sedimentos provenientes de los sitios Toma del embalse 1a y Toma del embalse 2c no afectaron significativamente la actividad de esta enzima, respecto a los controles.

- Las muestras provenientes de todos los sitios de muestreo produjeron una disminución estadísticamente significativa de la actividad de la enzima catalasa, respecto a los controles.

- Los sedimentos de los sitios Toma del embalse 2c, Toma del embalse 3a y Puesto Hernández alteraron la actividad de la enzima ascorbato peroxidasa respecto de los controles, produciendo una estimulación de su actividad. Los sedimentos provenientes del sitio Toma del embalse 1a no ejercieron acción sobre esta enzima.

- Los sedimentos provenientes de los sitios Toma del embalse 3a y Puesto Hernández afectaron el crecimiento y actividad de todas las enzimas evaluadas.

- Los sedimentos provenientes de los sitios Toma del embalse 1a y 2c estimularon el crecimiento de *Myriophyllum spicatum* y no afectaron la actividad de la enzima guaiacol peroxidasa. Ambos sitios afectaron la actividad de la enzima catalasa. Considerando estos sitios, solamente Toma del embalse 2c alteró la actividad de ascorbato peroxidasa, produciendo una estimulación de la misma.

Tabla 2.18 – Resultados de los ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo empleando *Hyalella curvispina*, *Vallisneria spiralis* y *Myriophyllum spicatum* y de la evaluación de biomarcadores en estos dos últimos organismos realizados en el ciclo 2016.

Organismo de ensayo	Variable registrada	Sitio de muestreo			
		Puesto Hernández	Toma del embalse		
			1a	2c	3a
Variable de respuesta					
<i>Vallisneria spiralis</i>	Crecimiento	Inhibición	No efecto	No efecto	Estimulación
	Clorofila <i>a</i>	Inhibición	No efecto	No efecto	Estimulación
	Catalasas	Inhibición	Inhibición	Inhibición	Inhibición
	Peroxidasas	Inhibición	No efecto	No efecto	Inhibición
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Crecimiento	Inhibición	Estimulación	Estimulación	Estimulación
	Catalasas	Inhibición	Inhibición	Inhibición	Inhibición
	Peroxidasas	Inhibición	No efecto	No efecto	Inhibición
	Ascorbato	Estimulación	No efecto	Estimulación	Estimulación
<i>Hyalella curvispina</i>	Sobrevivencia	Inhibición	No efecto	No efecto	No efecto
	Crecimiento	No efecto	No efecto	No efecto	No efecto

En la Tabla 2.18 se resumen los resultados obtenidos en el presente ciclo en los ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo con los tres organismos empleados y la evaluación de biomarcadores en las dos macrófitas acuáticas.

Del resumen de la Tabla 2.18 surge que en la estación Puesto Hernández se observaron efectos ecotóxicos significativos en todas las variables registradas en las dos macrófitas enraizadas empleadas como organismo de ensayo. En tanto que en *Hyalella curvispina* sólo se vio afectada la sobrevivencia.

En la toma del embalse se observaron resultados casi idénticos en los sitios 1a y 2c. En la mayoría de los casos no hubo efectos ecotóxicos, con la excepción de la actividad de catalasas en *Vallisneria spiralis* y *Myriophyllum spicatum* la cual presentó efectos inhibitorios en ambos organismos y la actividad ascorbato peroxidasa que presentó un efecto estimulador en el sitio 2c. Otro efecto observado en estos sitios fue la estimulación del crecimiento en *Myriophyllum spicatum*.

En el sitio 3a en la toma del embalse se observaron efectos inhibitorios en las actividades de catalasas y peroxidasas en *Vallisneria spiralis* y *Myriophyllum spicatum* y estimulación en el crecimiento y el contenido de clorofila *a* en *Vallisneria spiralis* y en el crecimiento de *Myriophyllum spicatum*. En este sitio también se observó la estimulación de la actividad enzimática de ascorbato peroxidasa.

Para *Hyalella curvispina* en los sedimentos del embalse Casa de Piedra no se observaron efectos ecotóxicos significativos sobre la sobrevivencia y el crecimiento.

Cuadro resumen de resultados de ensayos ecotoxicológicos crónicos con sedimentos de fondo y evaluación de biomarcadores en las macrófitas acuáticas enraizadas empleadas como organismos de prueba en el período 2010 - 2016 - (I): inhibición; (E): estimulación.

TE1a

2010: negativo
2011: positivo sobrevivencia (I) y crecimiento (I) en *H. curvispina*
2012: negativo
2013: negativo
2014: negativo
2015: negativo
2016: positivo catalasas (I) en *V. spiralis*; positivo crecimiento (E) y catalasas (I) en *M. spicatum*

TE2c

2010: negativo
2011: positivo (E) catalasas en *V. spiralis*
2012: negativo
2013: negativo
2014: negativo
2015: positivo crecimiento (E) y clorofila (E) en *V. spiralis*
2016: positivo catalasas (I) y peroxidasas (E); positivo crecimiento (E), catalasas (I) y ascorbato (E) en *M. spicatum*

TE 3a

2010: negativo
2011: positivo catalasas (E) y peroxidasas (E) en *V. spiralis*
2012: positivo catalasas (E) y peroxidasas (E) en *V. spiralis*; positivo sobrevivencia en *H. curvispina*
2013: positivo catalasas (E) y peroxidasas (E) en *V. spiralis*
2014: negativo
2015: negativo
2016: positivo crecimiento (E), clorofila (E) y catalasas (I) en *V. spiralis*; crecimiento (E), catalasas (I), peroxidasas (I) ascorbato (E) en *M. spicatum*

Puesto Hernández

2010: negativo
2011: positivo crecimiento (I) y catalasas (E) en *V. spiralis*
2012: positivo crecimiento, catalasas y peroxidasas en *V. spiralis*; positivo sobrevivencia en *H. curvispina*
2013: positivo catalasas(E) y peroxidasas (E) en *V. spiralis*
2014: negativo
2015: positivo catalasas (E) y peroxidasas (E) en *V. spiralis*; positivo crecimiento (E) en *H. curvispina*
2016: positivo crecimiento (I), clorofila (I), catalasas (I), peroxidasas (I) en *V. spiralis*; positivo crecimiento (I), catalasas (I), peroxidasas (I) y ascorbato (E) en *M. spicatum*; positivo sobrevivencia (I) en *H. curvispina*

2.10 Conclusiones generales

Como puede observarse en el cuadro resumen, los resultados de los ensayos ecotoxicológicos y de la evaluación de biomarcadores en los organismos de prueba en los distintos ciclos en general, no han tenido constancia en tiempo y lugar, alternándose años con resultados negativos (no efecto) con años con resultados positivos (efectos inhibitorios o estimulatorios) y variando el organismo de prueba o biomarcador en el que ha sido observado. Esta situación también ha sido registrada en ciclos anteriores al 2010.

Los sitios de muestreo con mayor frecuencia de resultados negativos (no efecto) corresponden al embalse Casa de Piedra (sitios TE 1a y TE 2c), seguidos por el sitio TE 3a. La mayor detección de resultados positivos (efectos inhibitorios o estimulatorios) ha tenido lugar en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández.

En cuanto a las variables registradas, la mayor frecuencia de detección de un resultado positivo en el período considerado (2010 - 2016) ha ocurrido en biomarcadores tales como la actividad enzimática de catalasas y peroxidasas en *V. spiralis*. También ha sido observado en biomarcadores en *M. spicatum* a partir del presente ciclo. Los biomarcadores enzimáticos son indicadores tempranos de la presencia de sustancias tóxicas en el medio.

Tanto los resultados de los ensayos ecotoxicológicos como los de la evaluación de biomarcadores no se corresponden con los de los análisis químicos de metales/metaloides y HAPs, cuyos valores, en la gran mayoría de los casos, fueron inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática y cuando los superaron en ningún caso alcanzaron los niveles de efecto probable.

Referencias

- CCME, 2014, *Canadian Environmental Quality Guidelines - Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*.
- ISO (International Organization for Standardization)/IEC (International Electrotechnical Commission), 2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.

Capítulo 3

EVALUACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN MÚSCULO DE PECES

3.1 Introducción

El presente capítulo contiene los resultados de los análisis de metales/metaloideos e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) realizados en muestras de músculo de peces capturados en el embalse Casa de Piedra, a fin de investigar la presencia de estas sustancias tóxicas, las cuales podrían significar un riesgo para la salud humana a través de su consumo.

Se describen las metodologías de captura y mediciones de los ejemplares así como las técnicas y métodos analíticos empleados por los laboratorios actuantes.

3.2 Estaciones de monitoreo

Sitio de muestreo	Coordenadas (Latitud S, Longitud O)	Descripción
Río Colorado (Puesto Hernández)	S 37° 18 ' 36,6" O 69° 03 ' 02,4"	Sitio de muestreo de 2014 y 2015. El bajo nivel del río, con mínimo caudal, impidió realizar las tareas de pesca con éxito pese al incremento del esfuerzo aplicado.
Embalse Casa de Piedra (villa)	S 38° 09 ' 39,8" O 67° 10 ' 16,3"	Sitio de pesca con redes en margen izquierda del embalse, sector presa.

En esta oportunidad no se consiguieron capturas en el río Colorado (Puesto Hernández). El bajo nivel del río, con mínimo caudal, impidió realizar las tareas de pesca con éxito pese al incremento del esfuerzo aplicado. Posiblemente sea necesario cambiar de sitio en próximos muestreos.

En el embalse Casa de Piedra pudo capturarse una cantidad suficiente de individuos de pejerrey bonaerense para conformar la muestra, en tanto que solamente se obtuvo un único ejemplar de carpa.

3.3 Métodos de captura y obtención de las muestras

Se utilizaron 3 métodos de pesca distintos para incrementar la posibilidad de captura. Los mismos fueron redes agalleras, pesca eléctrica y red de voleo (*casting net*)

Redes agalleras

La unidad de muestreo con redes fue una batería de redes agalleras (Fukui Fishing Net Co. Ltd.), compuesta por 7 (siete) paños armados de distinto tamaño de malla según el siguiente detalle:

En el embalse Casa de Piedra se realizaron pescas en un sitio en el área adyacente a la presa del embalse, en cercanías de la Villa Casa de Piedra, sobre margen izquierda. Se caló una batería completa.

Pesca eléctrica y red de voleo

En el sector de río (Puesto Hernández), tal como se hizo a partir de los años 2008 y 2009, se optó por reemplazar la pesca con redes agalleras por pescas activas con red de voleo más la implementación de pesca eléctrica.

La pesca eléctrica se realizó con un equipo portátil *Smith-Root 15-D* equipado con un generador *Honda EX350*. El muestreo se realizó por aplicaciones sucesivas de pulsos eléctricos por unidad de tiempo en sitios costeros.

La pesca con red de voleo se efectúa con una red de 2,18 metros de radio (superficie de muestreo por lance = 15 m²). Normalmente se realizan entre 15 y 20 lances de la misma, variando el número en función de las condiciones del momento.

Se realizó el cale de las redes al atardecer y se recuperaron a la mañana del día subsiguiente.

Una vez obtenidos los peces fueron medidos (Largo Total, precisión 1 mm) y pesados (Peso Fresco Total, precisión 2 gr para los ejemplares mayores y 0,10 g para los ejemplares pequeños).

Inmediatamente después del pesado se realizó la disección de cada ejemplar extrayendo dos porciones de los paquetes musculares dorsales mediante la utilización de un cuchillo cerámico para evitar la posible contaminación por metales en el momento de la disección.

La preparación de los elementos para el muestreo de peces y la obtención de las muestras de tejido muscular fue llevada a cabo conforme a lo establecido en los respectivos Procedimientos Operativos Estándar (PO P001 y PO P002) del Programa de Aseguramiento de la Calidad para Operaciones de Campo del COIRCO.

Las porciones musculares de cada especie íctica capturada fueron guardadas en recipientes de vidrio. Las muestras fueron subsiguientemente colocadas en una heladera portátil conteniendo hielo de donde se las pasó a un freezer donde se almacenaron hasta su envío a los respectivos laboratorios.

3.4 Metodologías analíticas

3.4.1 Análisis de metales y metaloides

Los análisis de metales y metaloides en muestra de músculo de peces fueron llevados a cabo en el laboratorio del Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN), dependiente del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2005).

Técnicas y métodos analíticos

Las técnicas y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 - Técnicas y métodos analíticos empleados en el análisis de metales y metaloides en sedimentos de fondo y sus respectivos límites de cuantificación.

Elemento	Técnica analítica	Método analítico	Límite de cuantificación (µg/g)
Arsénico	ICP	EPA 200.3 – EPA 6010 B	0,2
Antimonio			0,2
Bario			0,2
Cadmio			0,1
Cinc			1,0
Cobre			0,2
Cromo			0,5
Hierro			0,2
Molibdeno			0,2
Níquel			0,2
Plata			0,3
Plomo			0,15
Selenio			0,4
Mercurio	AA-VF	EPA 200.3 – EPA 7471 A	0,05

AA-VF: espectrometría de absorción atómica por vapor frío – ICP: espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo.

3.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares

Técnica y métodos analíticos

Los análisis de HAPs en muestras de músculo de peces fueron llevados a cabo en el laboratorio de INDUSER de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2005)

La técnica y el método analítico empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 3.3

Tabla 3.3 – Técnica y métodos analíticos empleados en el análisis de HAPs en músculo de peces y sus respectivos límites de cuantificación.

HAPs	Técnica analítica	Método analítico	Límite de cuantificación (µg/g)
Naftaleno	Cromatografía gaseosa con espectrometría de masas	EPA 3540 C/ 8270 D	0,0004
Acenaftileno			0,0004
Acenafteno			0,0004
Fluoreno			0,0004
Fenantreno			0,0004
Antraceno			0,0004
Fluoranteno			0,0004
Pireno			0,0004
Benzo(a)antraceno			0,0004
Criseno			0,0004
Benzo(b)fluoranteno			0,0004
Benzo(k)fluoranteno			0,0004
Benzo(a)pireno			0,0004
Dibenzo(a,h)antraceno			0,0004
Benzo(g,h,i)perileno			0,0004
Indeno(1,2,3-cd)pireno			0,0004
2-metilnaftaleno			0,0004
1,3-dimetilnaftaleno			0,0004
1-metilfenantreno	0,0004		

3.5 Resultados

3.5.1 Metales/metaloides

Tabla 3.4 Concentraciones de metales y metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de ejemplares de pejerrey bonaerense y carpa capturados en el embalse Casa de Piedra (Villa) Septiembre de 2016.

Metal/metaloide ($\mu\text{g/g}$)	Pejerrey bonaerense (10)	Carpa (1)
Arsénico	<0,2	<0,2
Antimonio	<0,2	<0,2
Bario	<0,2	<0,2
Cadmio	<0,1	<0,1
Cinc	5,1 \pm 0,4	4,7 \pm 0,4
Cobre	<0,5	<0,5
Cromo	<0,2	<0,2
Hierro	2,5 \pm 0,2	15 \pm 2
Mercurio	0,10 \pm 0,02	0,05 \pm 0,01
Molibdeno	<0,2	<0,2
Níquel	<0,2	<0,2
Plata	<0,3	<0,3
Plomo	1,2 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1
Selenio	0,4 \pm 0,1	<0,4

3.5.2 HAPs

Tabla 3.5 Concentraciones de HAPs ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el embalse Casa de Piedra (Villa) en Septiembre de 2016.

HAPs ($\mu\text{g/g}$)	Pejerrey bonaerense (10)	Carpa (1)
Naftaleno	<0,0004	<0,0004
Acenaftileno	<0,0004	<0,0004
Acenafteno	<0,0004	<0,0004
Fluoreno	<0,0004	<0,0004
Fenantreno	<0,0004	<0,0004
Antraceno	<0,0004	<0,0004
Fluoranteno	<0,0004	<0,0004
Pireno	<0,0004	<0,0004
Benzo[a]antraceno	<0,0004	<0,0004
Criseno	<0,0004	<0,0004
Benzo[b]fluoranteno	<0,0004	<0,0004
Benzo[k]fluoranteno	<0,0004	<0,0004
Benzo[a]pireno	<0,0004	<0,0004
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,0004	<0,0004
Benzo[g,h,i]perileno	<0,0004	<0,0004
Indeno[c,d]pireno	<0,0004	<0,0004
2-metilnaftaleno	<0,0004	<0,0004
1,3-dimetilnaftaleno	<0,0004	<0,0004
1-metilfenantreno	<0,0004	<0,0004

3.6 Límites para el consumo humano

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides fueron evaluados tomando como referencia los límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos para productos de la pesca (Res. ex-SENASA N° 533 del 10/05/94), en el Código Alimentario Argentino (ANMAT 2017), los cuales se muestran en la Tabla 5.3 y los límites para el consumo de pescado basados en el riesgo de la US EPA (US EPA 2000) para algunos de los elementos detectados.

Tabla 5.3 – Límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos en peces y productos de la pesca (SENASA y Código Alimentario Argentino)

Metal/metaloide	Límite ($\mu\text{g/g}$) ⁽¹⁾
Antimonio	20
Arsénico	1
Bario	500
Cadmio	5
Cinc	100
Cobre	10
Cromo	-
Hierro	500
Mercurio	0,5 ⁽²⁾
Molibdeno	-
Níquel	150
Plata	1
Plomo	20
Selenio	0,3

⁽¹⁾ SENASA-Decreto 4238/68- Versión 83 - ⁽²⁾ Código alimentario argentino - Capítulo VI – Alimentos Cárneos y Afines: (Res 846, 30.7.76) "La carne de pescados frescos, moluscos o crustáceos así como la de sus conservas, no deberá contener mercurio en cantidad superior a 0,5 mg/kg (0,5 ppm) y de esa cifra no más de 0,3 mg/kg (0,3 ppm) (expresada como mercurio) podrá encontrarse como compuestos metilmercuriales."

Para la evaluación de los resultados obtenidos en el análisis de HAPs se tomaron como referencia los límites para el consumo de pescado basados en el riesgo de la US EPA (US EPA 2000).

3.7 Conclusiones generales

En el embalse Casa de Piedra, único sitio donde se lograron capturas en el presente ciclo, no se detectó arsénico, antimonio, bario, cadmio, cromo, hierro, molibdeno, níquel ni plata en el músculo dorsal de las dos especies de peces estudiadas. Los niveles de mercurio, cinc, hierro y plomo hallados fueron muy inferiores a sus respectivos límites para el consumo humano. La concentración de selenio hallada en pejerrey bonaerense superó ligeramente el correspondiente límite. No obstante, de acuerdo con los límites para el consumo basados en el riesgo (US EPA 2000), el nivel hallado permite un consumo irrestricto de pescado. Los resultados obtenidos en el análisis de músculo dorsal de carpa no pueden ser evaluados dado que corresponden a un solo ejemplar.

El análisis de HAPs no detectó la presencia de estas sustancias en el músculo dorsal de las especies capturadas, a un nivel de concentración inferior al que ya permite un consumo irrestricto de pescado.

Referencias

Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), 2017, Capítulo VI – Alimentos Cárneos y Afines – Actualizado 10/2017.

ISO/IEC, 2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.

SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) 1968, Decreto 4238/68. Versión 83 - Septiembre 2017.

US EPA (United States Environmental Protection Agency), 2000, *Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories – Volume 2: Risk Assessment and fish consumption limits. Third edition - 823_B-00-008 - Washington D.C.*

CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

Conclusiones

La ejecución del Subprograma Calidad del Medio Acuático en el período de estudio 2016, ha permitido extraer las siguientes conclusiones:

Calidad del agua

Los resultados del monitoreo de metales/metaloides y HAPs en agua mediante análisis químicos permiten establecer que el recurso mantiene su aptitud para ser usado como fuente de agua potable, en irrigación, ganadería y como medio para el desarrollo de la vida acuática.

Las variables registradas en los ensayos ecotoxicológicos crónicos con agua arrojaron resultados disímiles: ausencia de efecto para una de las mismas y un efecto no detrimental (estimulador) para la restante. Este último podría ser debido a la presencia natural de sustancias minerales que estimulan la reproducción del organismo de ensayo.

Calidad de los sedimentos de fondo

La investigación de metales/metaloides y HAPs en sedimentos de fondo en el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra, puso de manifiesto que los niveles detectados de estas sustancias no representaban un riesgo para la vida acuática.

En relación con los ensayos ecotoxicológicos, realizados con tres organismos de prueba y con la evaluación de biomarcadores, los mismos arrojaron resultados variables que no concuerdan con los resultados de los análisis químicos.

Evaluación de sustancias tóxicas en músculo de peces

Las observaciones en el presente ciclo se refieren al embalse Casa de Piedra y a la única especie capturada en cantidad suficiente de ejemplares. Al respecto, los resultados de los análisis químicos efectuados con la misma pusieron de manifiesto que los contenidos de metales/metaloides y HAPs en el músculo dorsal no significan un riesgo para el consumo humano.

Los límites de cuantificación de HAPs alcanzados por el laboratorio permiten medir niveles de estas sustancias para los cuales es posible el consumo irrestricto de pescado sin riesgo para la salud humana.

Recomendaciones

- Continuar con el monitoreo de metales/metaloides e hidrocarburos en columna de agua en las estaciones establecidas al efecto con el fin de lograr una evaluación permanente de la calidad del agua en el sistema del río Colorado.
- Continuar con la realización de los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua del río Colorado como complemento del análisis químico en los sitios evaluados en el presente ciclo.
- Mantener el monitoreo de metales/metaloides y HAPs en sedimentos de fondo en las estaciones establecidas para ese fin en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra con el fin obtener una evaluación continua de los mismos.
- Continuar con la realización de ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo con el fin de mantener un seguimiento permanente y observar la evolución de los resultados variables y el incremento de resultados positivos obtenidos en el presente ciclo con organismos de ensayo y en la evaluación de biomarcadores en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra.
- Continuar con el monitoreo de sustancias tóxicas en músculo de peces, a fin de contar con información actualizada sobre la variación en el tiempo de las concentraciones de metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos en relación con la aptitud para el consumo humano.