

Calidad del Medio Acuático

Programa Integral de Calidad de Aguas
del río Colorado

Ciclo 2004 - 2005

COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RIO COLORADO
SECRETARIA DE ENERGIA DE LA NACION
GRUPO INTEREMPRESARIO

En versión impresa hoja en blanco

En versión impresa hoja en blanco

En versión impresa hoja en blanco

COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO (COIRCO)

Consejo de Gobierno

Presidente

MINISTRO DEL INTERIOR

Dr. Aníbal Fernández

Integrantes

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Ing. Felipe Solá

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Ing. Carlos Verna

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE MENDOZA

Ing. Julio Cobos

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN

Don Jorge Sobisch

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO

Dr. Miguel Saiz

Comité Ejecutivo

Presidente

REPRESENTANTE DE LA NACIÓN Ing. Miguel A. Boyero

REPRESENTANTES PROVINCIALES TITULARES Y ALTERNOS

BUENOS AIRES

Ing. Miguel A. Gutiérrez, Dr. José L. Enríquez

LA PAMPA

Lic. H. Walter Cazenave, Ing. Ricardo Jouli

MENDOZA

Ing. Carlos A. Santilli, Ing. Luis E. Guisasola

NEUQUÉN

Ing. Daniel Accattatis, Ing. Marcela S. González

RÍO NEGRO

Ing. Horacio R. Collado, Ing. Daniel A. Petri

GERENTE TÉCNICO

Ing° Juan E. Perl

SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN

SECRETARIO DE ENERGÍA

Ing° Daniel O. Cameron

SUBSECRETARIO DE COMBUSTIBLES

Lic. Cristian A. Folgar

DIRECTOR NACIONAL DE RECURSOS

Ing. Mónica Carmona

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

PETROBRAS ENERGÍA SA

REPSOL YPF UNIDAD DE NEGOCIO ARGENTINA OESTE

En versión impresa hoja en blanco

PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE
AGUAS DEL RÍO COLORADO
AÑOS 2004 - 2005

SUBPROGRAMA CALIDAD DEL MEDIO ACUÁTICO

Bioq. Ricardo Alcalde.
Ing° Juan Enrique Perl
Ing° Fernando Oscar Andrés

Aprobado por el Comité Ejecutivo del COIRCO en su reunión del 16 de diciembre de 2005.

Se autoriza la utilización de la información que contiene, siempre que se cite la fuente.

En versión impresa hoja en blanco

PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE AGUAS
DEL RÍO COLORADO
AÑOS 2004 - 2005

SUBPROGRAMA CALIDAD DEL MEDIO ACUÁTICO

CONTENIDO

1.- Subprograma Calidad del Medio Acuático	11
2.- Columna de Agua	21
3.- Sedimentos de Fondo	63
4.- Peces	85
5.- Conclusiones	101
6.- Recomendaciones	103
Anexo I: Metales y metaloides en columna de agua	105
Anexo II: Hidrocarburos aromáticos polinucleares en columna de agua	115
Anexo III: Ensayos ecotoxicológicos con agua	135
Anexo IV: Metales y metaloides en sedimentos de fondo	139
Anexo V: Hidrocarburos aromáticos polinucleares en sedimentos de fondo	143
Anexo VI: Ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo	149
Anexo VII: Metales y metalices en músculo de peces	153
Anexo VIII: Hidrocarburos aromáticos polinucleares en músculo de peces	157
Glosario	163

En versión impresa hoja en blanco

1

SUBPROGRAMA CALIDAD DEL MEDIO ACUÁTICO

1.1 Introducción

1.2 La Cuenca del río Colorado

1.2.1 Características del río Colorado

1.2.2 Aspectos hidrológicos

1.2.3 Registros de lluvias en la cuenca

1.2.4 Registros de conductividad eléctrica – Incidencia de variables hidrometeorológicas

1.2.5 Usos del agua en la cuenca

1.3 Área de estudio

1.1 Introducción

El Subprograma Calidad del Medio Acuático tiene como finalidad proveer información acerca de la calidad del agua del Sistema del río Colorado para sus diferentes usos en la cuenca. Comprende el monitoreo en forma permanente de la columna de agua en áreas de posible impacto y sitios donde el uso del recurso es relevante, de los sedimentos de fondo como compartimento del ambiente acuático vinculado al posible destino de sustancias tóxicas y a su reciclado y de los peces como integrantes de las cadenas tróficas, capaces de acumular en sus tejidos dichas sustancias.

Este Subprograma tuvo su origen a partir del extenso relevamiento de sustancias tóxicas en el ambiente acuático y de sus posibles fuentes en la cuenca del río Colorado, llevado a cabo entre 1997 y 1999, en el cual se evaluaron todas las fuentes potenciales de contaminantes, vinculadas a las actividades productivas existentes en el área y a la presencia de poblaciones.

La información proporcionada por ese relevamiento sentó las bases para el diseño de futuros programas anuales de monitoreo, los cuales han sido ejecutados en forma ininterrumpida desde el año 2000 y actualmente se encuentran en plena vigencia.

Son componentes fundamentales de los mencionados programas el aseguramiento de la calidad en campo y laboratorios, la evaluación de los datos de calidad de agua generados con referencia a guías internacionales y la elaboración de información de calidad de agua, la cual es difundida en forma permanente a distintos sectores de la comunidad (gubernamentales, científico-técnicos, educativos y público en general) a través de distintos medios (informes técnicos como el presente, folletos de divulgación, publicación en Internet en la página oficial del COIRCO, audiencias públicas, charlas en establecimientos poblacionales, agrupaciones de productores rurales, etc.).

En el presente informe se presentan los resultados obtenidos en el ciclo de estudio 2004-2005, cuyo diseño se basó en las recomendaciones del ejecutado en el año 2003, las cuales eran las siguientes:

"Recomendaciones"

- *"Continuar con el monitoreo de metales/metaloides e hidrocarburos en columna líquida con el fin de obtener una evaluación permanente de la calidad del agua en la cuenca."*
- *"Mantener los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua del río Colorado en los sitios evaluados en el presente ciclo, como complemento del análisis químico."*

- *"Mantener el programa de monitoreo de sustancias tóxicas en músculo de peces, a fin de evaluar la variación en el tiempo de las concentraciones de metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares. Para estos últimos, procurar alcanzar niveles de cuantificación más bajos."*
- *"Continuar el monitoreo de metales y metaloides en sedimentos de fondo en las estaciones muestreadas en el presente ciclo, con el fin de evaluar la evolución de los niveles observados de estas sustancias. Incluir el análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares en las muestras obtenidas."*
- *"Realizar ensayos de ecotoxicidad crónica con sedimentos de fondo del embalse Casa de Piedra (cola y toma) como complemento del análisis químico. Incluir la evaluación de biomarcadores."*

Bahía Blanca, Octubre de 2005

1.2 La Cuenca del río Colorado

1.2.1 Características del río Colorado

El río Colorado, perteneciente al grupo de los ríos patagónicos de vertiente atlántica, está formado por la confluencia de los ríos Grande y Barrancas.

Desde sus orígenes en la Cordillera de los Andes, hasta su desembocadura en el Océano Atlántico, presenta una extensión de 1.200 kilómetros, de los cuales 920 corresponden al Colorado propiamente dicho.

Sus aguas son compartidas por las Provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires, que lo convierten en una cuenca hídrica interprovincial.

El área de la cuenca imbrífera es de aproximadamente 15.300 km², correspondiente al río Colorado aguas arriba de la estación de aforos de Buta Ranquil (esta estación se encuentra a unos 25 km de la confluencia de los ríos Grande y Barrancas).

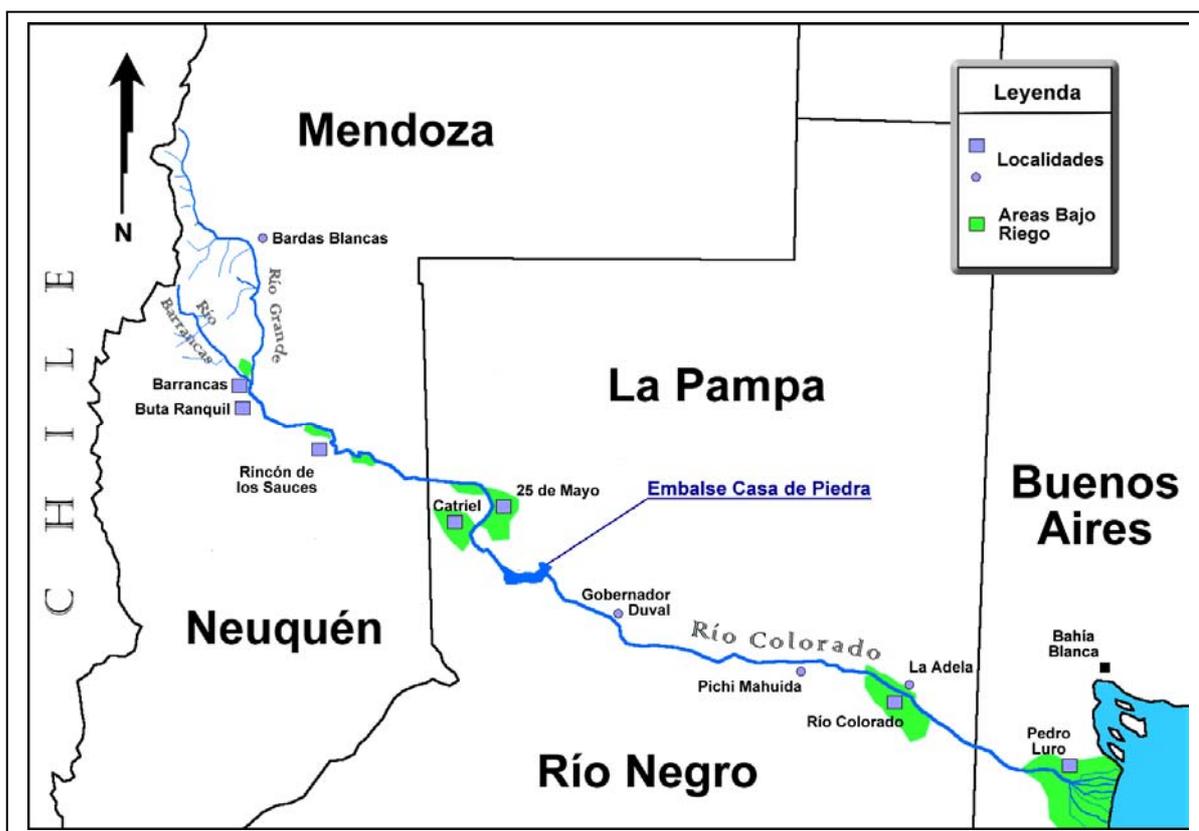
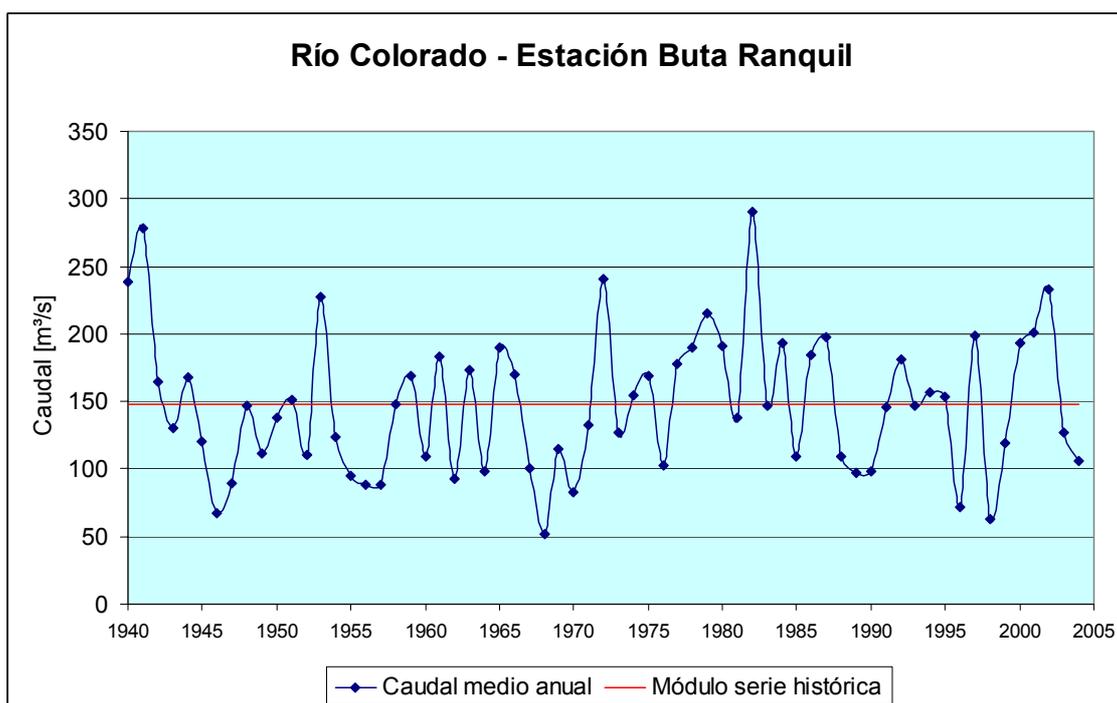


Figura 1.1

1.2.2 Aspectos hidrológicos

El río Colorado en la estación de aforos de Buta Ranquil, ubicada aguas abajo de la confluencia de los ríos Grande y Barrancas, para la serie de registros diarios desde 1940 al 30 de junio de 2004, presenta un caudal medio anual de 148,3 m³/s, siendo el derrame medio anual de 4.679 hm³ (Estadística Hidrológica de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación), con un derrame máximo de 9.151 hm³ para el ciclo 1982-1983, mientras que el derrame mínimo registrado corresponde al ciclo hidrológico 1968 - 1969 (1.668 hm³).



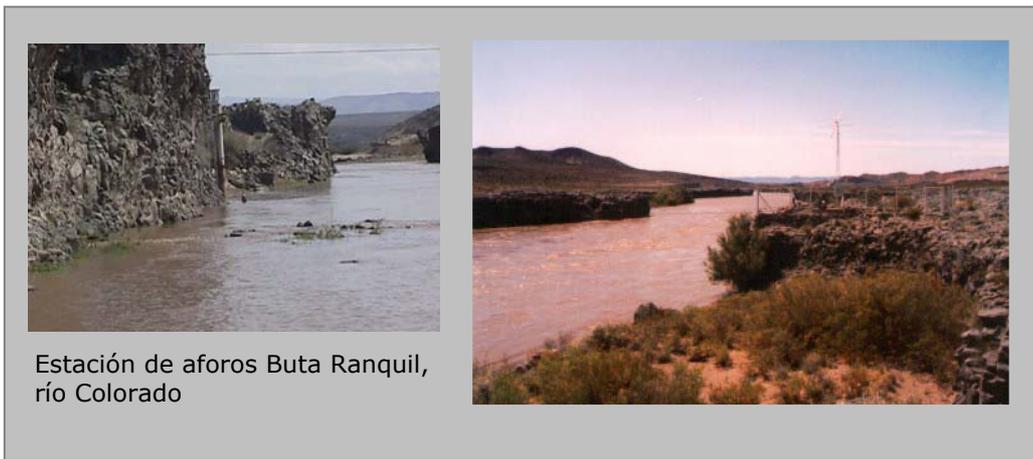
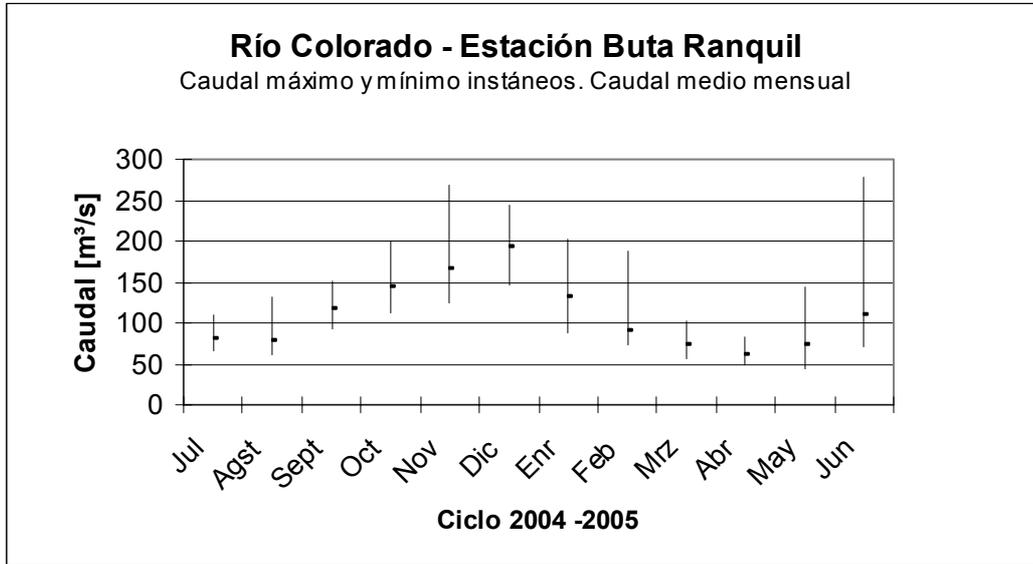
El río es de régimen nival, es decir, presenta una crecida producto de la fusión nival, que según las características meteorológicas de cada año se da inicio a comienzo o fines del mes de octubre.

Si bien se trata de un río de régimen nival, presenta en algunos años crecidas pluviales, entre febrero y agosto. Estas crecidas pueden llegar a superar los 500 m³/s, estando su duración acotada a los días de duración del fenómeno pluvial.

El último ciclo hidrológico correspondiente al del presente ciclo del Programa de Calidad del Medio Acuático, es decir, 1° de julio 2004 al 30 de junio del 2005, presentó un caudal medio diario de 106 m³/seg.

De los registros de caudales diarios de la estación de Buta Ranquil (limnógrafo con lecturas cada 5 minutos), se puede apreciar el incremento

del caudal medio mensual durante el período octubre a febrero, debido a la fusión nival.



Caudales mensuales en Buta Ranquil para el período Junio 2004 – Julio 2005 [m ³ /s]												
	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dic	Enr	Feb	Mrz	Abr	May	Jun
Máximo	109	132	152	201	269	245	203	187	102	83	145	279
Promedio	80	77	117	144	167	193	131	91	73	62	74	109
Mínimo	66	61	92	112	124	147	87	74	56	48	43	71

Los valores máximos y mínimos se refieren a registros instantáneos.
El promedio mensual corresponde al promedio de los valores medios diarios.

Del mismo hidrograma y de la tabla con los valores de caudales promedios, máximo y mínimos mensuales, se aprecia la incidencia de las lluvias en la alta cuenca durante el invierno, que pueden producir picos de una magnitud semejante a los caudales máximos por fusión (en junio 2005 el caudal máximo instantáneo fue 279 m³/s, superior al valor máximo por fusión que

fue de 269 m³/s). Se tratan de picos de corta duración, por lo que los caudales medios mensuales no llegan a reflejar un incremento significativo.

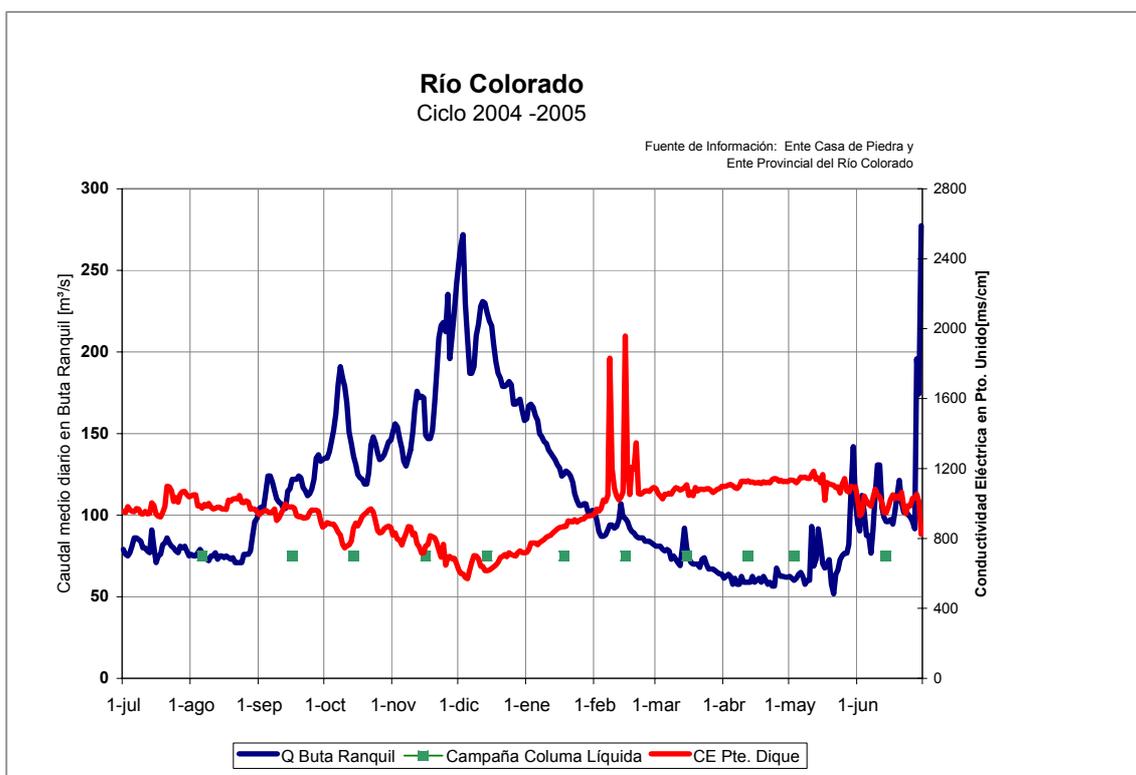
1.2.3 Registros de lluvias en la cuenca

Los registros pluviales en la estación de aforos de Buta Ranquil (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Evarsa); en Catriel, Provincia de Río Negro (COIRCO - Departamento Provincial de Aguas), en la estación meteorológica del Puesto Caminero en Casa de Piedra, Provincia de La Pampa (COIRCO - Administración Provincial del Agua, La Pampa), y en El Gualicho, área de riego de Río Colorado, Provincia de Río Negro (COIRCO - Departamento Provincial de Aguas) son los siguientes:

Registros pluviométricos mensuales [mm]					
Ciclo 2004 -2005	Buta Ranquil	Catriel	Pto Caminero Casa de Piedra	Pichi Mahuida	El Gualicho
Julio	11	44	28	62	59
Agosto	22	1.8	12	5	8
Septiembre	10	0	1	16	45
Octubre	4	14	28	47	81
Noviembre	40	16.7	17	57	74
Diciembre	0	3.5	44	33	100
Enero	17	2	51	5	4
Febrero	6	15.5	17	64	61
Marzo	1	0	5	14	10
Abril	4	0	0	0	16
Mayo	11	4.5	7	18	15
Junio	18	56	49	30	33
Total ciclo	146	158	259	355	506

1.2.4 Registros de conductividad eléctrica – Incidencia de variables hidrometeorológicas.

Los registros diarios de conductividad eléctrica tomados en el río Colorado, en la estación de Puente Dique – Punto Unido, por el Ente Provincial del Río Colorado (La Pampa), se los grafica junto con el hidrograma de caudales medios diarios de la estación Buta Ranquil, para el ciclo 2004 - 2005. En forma complementaria se indican las fechas de las campañas de muestreo de este ciclo para visualizar las condiciones que presentaba el río al momento del muestreo.



1.2.5 Usos del agua en la cuenca

En la Figura 1.1, se indican las áreas bajo riego en el ciclo 2004 – 2005. Las superficies regadas son las que se indican a continuación, según las declaraciones de cada una de las jurisdicciones provinciales.

Áreas potenciales de riego y áreas actualmente bajo riego

Provincia	Área Potencial a regar [Ha]	Área actualmente bajo riego [Ha]
Mendoza	1.000 + (1)	500 (*)
Neuquén	1.000 + (2)	5.121 (**)
La Pampa	85.100	8.366
Río Negro	85.100	13.480
Buenos Aires	145.900	108.021
	318.100 + (1)	135.488

Ref.: (1) áreas posibles a regar con el trasvase al río Atuel.
(2) compensación eventual por sustitución del embalse Torrecillas.
(*) equivalencia por consumo ganadero
(**) sumatoria de áreas bajo riego y usos industriales.

I.3. Área de Estudio del Programa de Calidad del Medio Acuático

En área de estudio comprende desde estaciones en los ríos Grande y Barrancas, donde no hay actividad antropogénica en forma sistemática, hasta la estación de muestreo en La Adela – Río Colorado, aguas arriba de la última derivación para el suministro de agua para uso de agua potable, riego y ganadero.

2

COLUMNA DE AGUA

- 2.1 Introducción
- 2.2 Estaciones de monitoreo
- 2.3 Metodología de muestreo
- 2.4 Análisis de metales y metaloides
 - 2.4.1 Metodologías analíticas
 - 2.4.2 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio
 - 2.4.3 Resultados
 - 2.4.4 Valores guía
 - 2.4.5 Discusión
- 2.5 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares y alifáticos
 - 2.5.1 Metodología analítica
 - 2.5.2 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio
 - 2.5.3 Resultados
 - 2.5.4 Valores guía
 - 2.5.5 Discusión
- 2.6 Ensayos ecotoxicológicos
 - 2.6.2 Estaciones de monitoreo
 - 2.6.3 Metodología de muestreo
 - 2.6.3 Ensayos con *Daphnia magna*
 - 2.6.4 Resultados
 - 2.6.5 Discusión

Referencias

En versión impresa hoja en blanco

2.1 Introducción

Los análisis químicos en muestras de la columna líquida extraídas en diferentes sitios del sistema del río Colorado, son llevados a cabo regularmente con el fin de evaluar la calidad del agua para los diferentes usos a que es sometida en el área. Dichos usos son el suministro de agua potable, la irrigación, la provisión de agua para la bebida del ganado y como medio para el desarrollo de la vida acuática. En función de las fuentes potenciales de contaminantes existentes, los parámetros de calidad de aguas seleccionados son metales pesados y metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs). Además, se incluye el análisis de hidrocarburos alifáticos con el fin de caracterizar las posibles fuentes de aporte de HAPs. Los sitios seleccionados para el monitoreo de estas sustancias tienen relación con áreas donde existen fuentes potenciales de contaminantes y zonas donde tienen lugar los principales usos del agua. Se monitorean también dos estaciones de referencia ubicadas en sitios libres de actividad antrópica. Las sustancias antes señaladas son investigadas a niveles de concentración extremadamente bajos, dado que la evaluación está referida a posibles efectos tóxicos crónicos. Esto determina que deban aplicarse metodologías analíticas de alta complejidad bajo un riguroso programa de aseguramiento de la calidad de las operaciones de campo y laboratorio. Los resultados obtenidos a través de los análisis químicos son confirmados y ampliados mediante la realización de ensayos ecotoxicológicos crónicos. Estos ensayos aportan información sobre la actividad ecotoxicológica global en la columna de agua.

2.2 Estaciones de monitoreo

Las muestras de agua para análisis de metales y metaloides, HAPs e hidrocarburos alifáticos fueron extraídas en las estaciones de monitoreo que se describen en la Tabla 2.1. y se muestran en la Figura 2.1



Foto 1



Foto 2



Foto 3

En la secuencia fotográfica se puede apreciar las distintas etapas de la toma de muestra en el río (Foto 2), correspondiente a la estación CL7 La Adela, la determinación de los parámetros in situ (Foto 2), el envasado (Foto 1), y el acondicionamiento de las muestras para su traslado (Foto 3) a los laboratorios donde posteriormente serán analizadas.

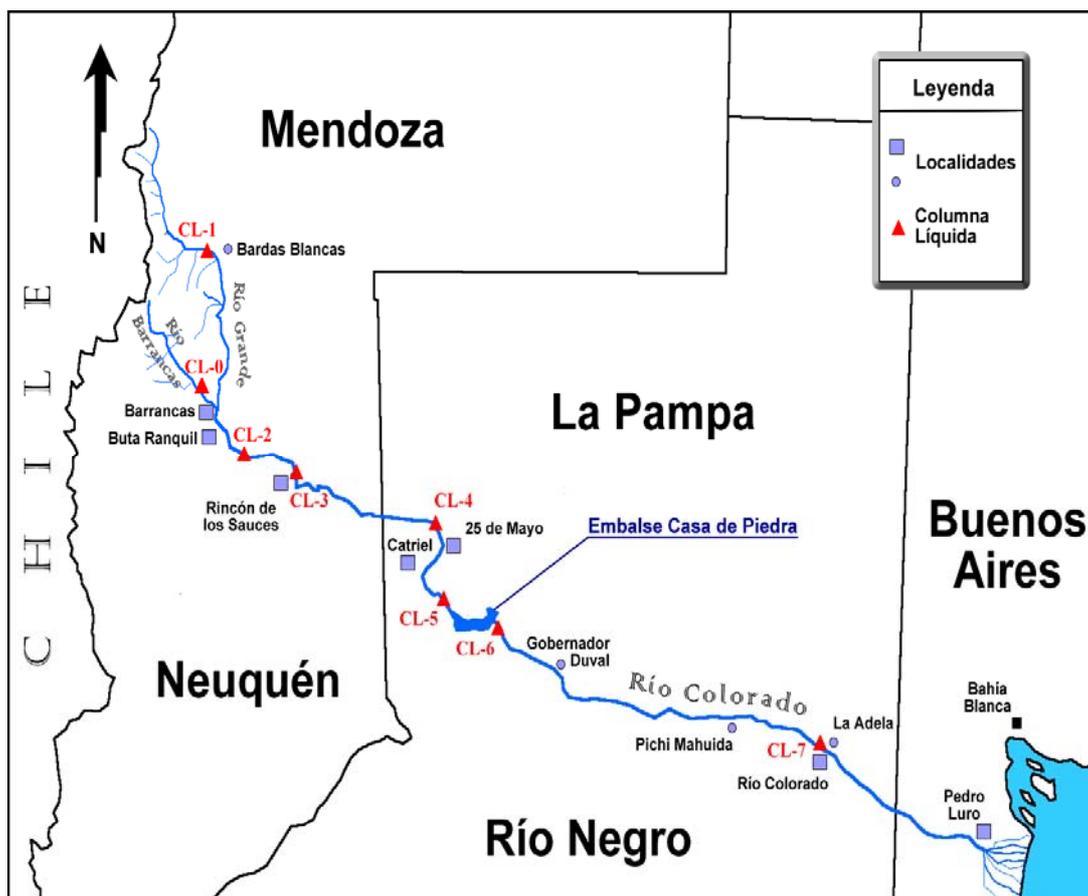


Figura 2.1 – Estaciones de monitoreo de agua en el sistema del río Colorado

Tabla 2.1 – Estaciones de monitoreo de la columna de agua en el sistema del río Colorado

CL 0	Ubicada sobre la margen izquierda del río Barrancas, a la altura del puente de la ruta nacional N° 40. Son sus coordenadas 36° 49' 04" S y 69° 52' 14" O. Es representativa de una zona libre de influencia antrópica y por lo tanto se la considera como estación de referencia. Esta estación fue establecida para el relevamiento general llevado a cabo entre 1997 y 1999, designándose entonces como Estación N° III y fue operada como estación de la red de monitoreo de calidad de aguas los años 2002, 2003, 2004 y 2005
CL 1	Se ubica en el río Grande, sobre su margen derecha, a la altura de la localidad de Bardas Blancas. Son sus coordenadas 35° 51' 32" S y 69° 48' 25" O. Corresponde a una zona libre de influencia antrópica y representa también una estación de referencia. Fue establecida para el programa de relevamiento general llevado a cabo entre 1997 y 1999, designándose entonces como estación N° I. Es operada como estación de la red de monitoreo de calidad de aguas desde el año 2000.
CL 2	Ubicada en el río Colorado, sobre la margen derecha, a la altura de Buta Ranquil, a los 37° 07' 27" S y 69° 38' 51" O en un área donde tiene lugar la actividad petrolera. Fue establecida para el programa de relevamiento general (1997-1999) designándose entonces como estación N° IV. Desde el año 2000 es operada como estación de la red de monitoreo de calidad de aguas.
CL 3	Se ubica en el río Colorado sobre la margen derecha, a la altura del puente de Desfiladero Bayo, a los 37° 21' 57" S y 69° 00' 55" O, corresponde también a un área donde tiene lugar la actividad petrolera. Fue establecida para el programa de relevamiento general (1997-1999) designándose entonces como Estación N° VII. Desde el año 2000 es operada como estación de la red de monitoreo de calidad de aguas.
CL 4	Está ubicada en el río Colorado, sobre la margen izquierda a la altura de Punto Unido, a los 37° 43' 32" S y 67° 45' 47" O. Representa un área de captación y distribución de agua para diferentes usos. Fue establecida en el programa de relevamiento general (1997-1999), designándose entonces como Estación N° XIV. Se la opera desde el año 2000 como estación perteneciente a la red de monitoreo de calidad de aguas.
CL 5	Ubicada en el río Colorado, sobre la margen derecha, a la altura de la pasarela Medanito y en proximidades de la cola del embalse Casa de Piedra, a los 38° 01' 35" S y 67° 52' 44" O. Representa un área de actividad petrolera. Fue establecida para el programa de relevamiento general (1997-1999) designándose como Estación N° XXII. Desde el año 2000 forma parte de la red de monitoreo de calidad de aguas.
CL 6	Está ubicada en la descarga del embalse Casa de Piedra, sobre la margen izquierda a los 38° 12' 55" S y 67° 11' 04" O. Tiene por objeto evaluar la calidad del agua restituida del embalse al río Colorado. Se estableció para el programa de relevamiento general (1997-1999) designándose entonces como estación N° XXIV. Desde el año 2000 se opera como estación integrante de la red de monitoreo de calidad de aguas.
CL 7	Ubicada en el río Colorado, sobre la margen derecha a la altura de la localidad de La Adela, a los 38° 59' 14" S y 64° 05' 32" O. Es representativa de la última área de aprovechamiento agrícola existiendo además un cruce de oleoducto bajo el cauce del río. Esta estación no fue incluida en el programa de relevamiento general y se la opera desde el año 2000 exclusivamente como estación de la red de monitoreo de calidad de aguas.

En las Tablas 2.2 a 2.9 se detallan los valores de los parámetros medidos *in situ* en el momento de efectuarse los muestreos en la columna de agua para análisis de metales y metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares y alifáticos. Dichos parámetros fueron registrados con una sonda multiparamétrica *Hydrolab*[®] modelo *minisonde*.

Estación CL 0
 Río Barrancas
 Puente Ruta Nacional N° 40

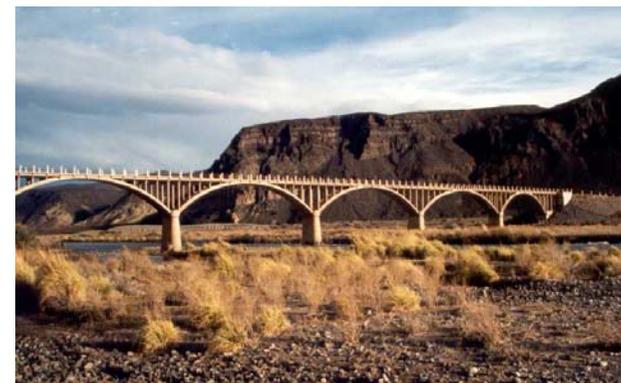


Tabla 2.2 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 0 (Río Barrancas, puente de la Ruta Nacional N° 40)

Parámetros <i>in situ</i>	Campaña											
	1 05/07/04	2 16/08/04	3 13/09/05	4 11/10/05	5 15/11/05	6 13/12/05	7 17/01/05	8 14/02/05	9 14/03/05	10 11/04/05	11 02/05/05	12 13/06/05
Hora	13:30	13:55	13:50	13:15	13:25	12:50	13:30	13:10	13:10	12:45	12:55	13:30
pH	8,3	7,9	8,1	8,0	8,0	8,0	8,0	8,1	8,1	7,7	7,9	7,6
Temperatura agua (°C)	7,4	5,8	10,3	9,3	13,3	17,3	18,7	19,1	15,9	10,9	9,4	4,2
Temperatura ambiente (°C)	17,0	7,0	29,0	11,0	22,0	27,0	32,5	26,0	31,0	18,5	21,0	6,0
Conductividad eléctrica [μ S/cm]	621	662	647	520	493	444	825	865	733	727	740	692

Estación CL 1
 Río Grande
 Bardas Blancas
 (aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 40)



Tabla 2.3 – Parámetros medidos in situ en la Estación CL 1 (Río Grande, Bardas Blancas, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 40)

Parámetros <i>in situ</i>	Campaña											
	1 05/07/04	2 16/08/04	3 13/09/05	4 11/10/05	5 15/11/05	6 13/12/05	7 17/01/05	8 14/02/05	9 14/03/05	10 11/04/05	11 02/05/05	12 13/06/05
Hora	10:40	11:00	11:00	10:20	10:30	10:10	10:20	10:15	10:15	10:00	10:00	10:35
pH	8,1	8,0	7,6	8,0	7,9	7,9	8,0	8,0	7,9	7,6	7,7	7,7
Temperatura agua (°C)	5,6	3,0	5,0	4,7	8,7	12,0	13,8	12,8	11,2	8,2	7,2	1,9
Temperatura ambiente (°C)	6,0	2,0	14,5	5,0	15,0	17,5	23,0	17	17,5	17,0	14,5	0,0
Conductividad eléctrica [μ S/cm]	961	1005	1062	887	854	596	873	968	1114	1254	1314	1179

Estación CL 2
 Río Colorado
 Buta Ranquil
 (Yacimiento El Portón, margen derecha, Pcia. Neuquén)



Tabla 2.4 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 2 (Río Colorado, Buta Ranquil, Yacimiento El Portón, margen derecha, Pcia. de Neuquén)

Parámetros <i>in situ</i>	Campaña											
	1 05/07/04	2 16/08/04	3 13/09/05	4 11/10/05	5 15/11/05	6 13/12/05	7 17/01/05	8 14/02/05	9 14/03/05	10 11/04/05	11 02/05/05	12 13/06/05
Hora	14:50	15:20	15:10	14:25	14:45	14:10	14:50	14:30	14:30	14:00	14:00	14:45
pH	8,1	8,0	8,0	8,0	7,9	7,9	7,9	8,0	7,9	7,9	8,1	7,6
Temperatura agua (°C)	8,6	7,1	10,5	10,0	13,7	20,0	19,7	21,5	17,7	13,1	11,7	3,5
Temperatura ambiente (°C)	20,0	8,0	31,0	14,0	24,0	34,0	33,5	33,0	34,0	20,0	19,0	7,0
Conductividad eléctrica [μ S/cm]	929	968	999	783	769	616	880	1103	1069	1135	1180	1013

Estación CL 3
 Río Colorado
 Desfiladero Bayo
 (Sector petrolero, aguas arriba de Rincón de los Sauces
 margen derecha, Pcia. del Neuquén)



Tabla 2.5 – 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)

Parámetros <i>in situ</i>	Campaña											
	1 05/07/04	2 16/08/04	3 13/09/05	4 11/10/05	5 15/11/05	6 13/12/05	7 17/01/05	8 14/02/05	9 14/03/05	10 11/04/05	11 02/05/05	12 13/06/05
Hora	16:35	17:10	16:40	16:00	16:25	15:40	16:20	16:00	17:30	15:30	14:40	16:10
pH	8,0	8,0	8,0	8,0	7,9	7,9	8,0	7,9	7,9	7,8	8,1	7,8
Temperatura agua (°C)	9,3	7,4	12,1	10,8	15,7	20,8	22,5	23,5	20,8	14,3	11,6	4,8
Temperatura ambiente (°C)	20,5	9,0	29,0	10,5	22,0	34,0	35,0	32,0	37,0	24,0	18,0	8,0
Conductividad eléctrica [μ S/cm]	939	1011	999	781	754	623	872	1302	1089	1144	1177	993

Estación CL 4
 Río Colorado
 Puente Dique Punto Unido
 (Aprovechamiento Múltiple 25 de Mayo
 margen izquierda, Pcia. de La Pampa)



Tabla 2.5 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 4 (Río Colorado, Puente Dique Punto Unido, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, margen izquierda, Pcia. de La Pampa)

Parámetros <i>in situ</i>	Campaña											
	1 06/07/04	2 16/08/04	3 14/09/05	4 12/10/05	5 16/11/05	6 14/12/05	7 18/01/05	8 15/02/05	9 15/03/05	10 12/04/05	11 03/05/05	12 14/06/05
Hora	9:00	20:15	8:20	9:05	9:48	7:35	8:30	8:30	9:55	8:50	8:45	9:05
pH	8,2	8,0	8,0	8,0	8,0	7,9	8,1	7,9	8,0	7,9	8,1	7,6
Temperatura agua (°C)	8,8	8,9	10,8	10,6	14,5	21,2	21,7	21,2	19,9	12,2	11,6	2,9
Temperatura ambiente (°C)	6,0	7,0	9,0	9,0	15,0	21,5	18,5	22	25,0	5,0	6,0	0,0
Conductividad eléctrica [μ S/cm]	991	1028	1037	820	796	646	897	1906	1159	1173	1194	971

Estación CL 5
 Río Colorado
 Pasarela Yacimiento Medanito
 (Margen derecha, Pcia. de Río Negro)

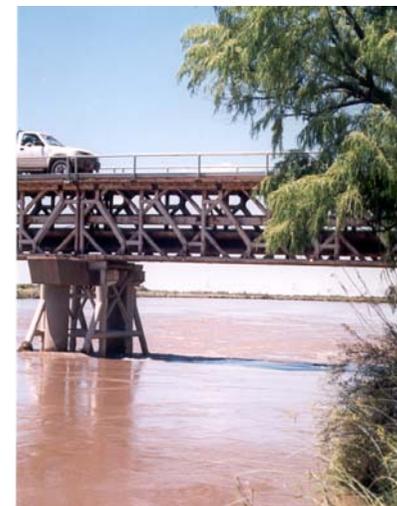


Tabla 2.6 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 5 (Río Colorado, Pasarela Yacimiento Medanito, margen derecha, Pcia. de Río Negro)

Parámetros <i>in situ</i>	Campaña											
	1 06/07/04	2 17/08/04	3 14/09/05	4 12/10/05	5 15/11/05	6 13/12/05	7 17/01/05	8 14/02/05	9 15/03/05	10 11/04/05	11 02/05/05	12 14/06/05
Hora	10:20	10:30	9:20	19:00	19:40	18:45	19:50	20:15	8:45	18:00	18:20	18:35
pH	8,2	8,0	8,1	8,0	7,9	7,9	8,1	7,9	8,0	7,9	8,2	7,8
Temperatura agua (°C)	9,0	7,7	10,9	13,3	17,6	24,3	25,8	25,4	20,0	15,4	14,1	5,6
Temperatura ambiente (°C)	7,0	6,0	12,5	9,0	22,0	29,0	32,0	26,0	15,0	20,0	18,0	1,5
Conductividad eléctrica [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	1015	1064	1063	829	784	674	935	1194	1199	1248	1258	1016

Estación CL 6
 Río Colorado
 Presa Embalse Casa de Piedra
 (Aguas abajo de la descarga)



Tabla 2.7 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 6 (Río Colorado, Presa embalse Casa de Piedra, aguas abajo de la descarga, margen derecha)

Parámetros <i>in situ</i>	Campaña											
	1 06/07/04	2 17/08/04	3 14/09/05	4 12/10/05	5 16/11/05	6 14/12/05	7 18/01/05	8 15/02/05	9 15/03/05	10 12/04/05	11 03/05/05	12 14/06/05
Hora	12:15	12:20	11:15	11:00	11:40	14:50	10:55	11:40	11:40	10:45	10:50	11:00
pH	8,2	8,0	8,1	8,0	8,1	7,7	8,2	8,1	8,2	8,1	8,2	7,8
Temperatura agua (°C)	9,3	7,9	10,1	12,3	16,1	17,2	22,1	20,1	20,8	16,1	14,5	8,5
Temperatura ambiente (°C)	16,0	7,0	17,0	8,0	20,0	35,0	25,0	29,0	31,0	11,5	18,0	4,0
Conductividad eléctrica [μ S/cm]	955	1002	1030	1061	1069	1068	1084	1041	1066	1070	1089	1092

Estación CL 7
 Río Colorado
 Puente Viejo "La Adela – Río Colorado"
 (Margen izquierda, provincia de Río Negro)



Tabla 2.8 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 7 (Río Colorado, puente viejo "La Adela – Río Colorado", margen izquierda, Pcia. de Río Negro)

Parámetros <i>in situ</i>	Campaña											
	1 07/07/04	2 18/08/04	3 15/09/05	4 13/10/05	5 15/11/05	6 14/12/05	7 19/01/05	8 16/02/05	9 16/03/05	10 13/04/05	11 04/05/05	12 15/06/05
Hora	11:25	11:40	11:20	11:25	11:00	10:00	11:00	11:30	11:10	10:50	11:50	11:25
pH	8,2	8,0	8,0	8,0	8,0	8,1	8,2	8,1	8,0	8,2	8,1	7,8
Temperatura agua (°C)	7,0	8,0	11,1	11,6	17,6	24,2	22,7	25,0	22,8	12,9	15,8	2,6
Temperatura ambiente (°C)	7,5	10,0	16,0	9,0	20,0	23,0	24,0	28,0	25,0	14,0	10,0	3,0
Conductividad eléctrica [μ S/cm]	1044	1150	1142	1087	1115	1120	1152	1094	1115	1127	1126	1370

2.3 Metodología de muestreo

Las muestras de agua fueron extraídas con frecuencia mensual en las estaciones de monitoreo establecidas al efecto.

Los muestreos se efectuaron de acuerdo a los lineamientos generales dados en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters* (APHA, AWWA, WEF, 1998). En las correspondientes estaciones de monitoreo se extrajeron muestras de agua para análisis de metales y metaloides, siendo envasadas en bidones de polietileno de 500 mL de capacidad y preservadas mediante la adición de ácido nítrico (HNO_3) hasta $\text{pH} < 2$ y refrigeradas a temperatura $< 4^\circ\text{C}$. Los recipientes utilizados 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).

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 a igual procedimiento de limpieza que los envases para análisis de metales y metaloides más un enjuague con acetona de alta pureza (grado cromatográfico) (Procedimiento Operativo Estándar PO A001, Sección 4.4.2). Las muestras fueron preservadas mediante la adición de 2 mL/L de ácido clorhídrico (HCl) 1+1 y refrigeración a temperatura $< 4^\circ\text{C}$ y en esas condiciones enviadas al laboratorio.

Los muestreos y mediciones *in situ*, al igual que en los ciclos anteriores, fueron realizados por la empresa Monitoreos Ambientales.

2.4 Análisis de metales y metaloides

2.4.1 Metodologías analíticas

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 1999).

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 2.9.

Tabla 2.9 - Técnicas y métodos analíticos empleados para el análisis de metales y metaloides en agua con sus respectivos límites de cuantificación.

Elemento	Técnica analítica	Método	Límite de cuantificación (µg/L)
Arsénico	A.A. por generación de hidruros	EPA 206.3	5
Cadmio	A.A. por atomización electrotérmica	EPA 213.2	1
Cinc	ICP	EPA 200.7	2
Cobre	ICP	EPA 200.7	2
Cromo	A.A. por atomización electrotérmica	EPA 218.2	1
Mercurio	A.A. por vapor frío	EPA 245.1	1
Molibdeno	ICP	EPA 200.7	10
Níquel	ICP	EPA 200.7	5
Plomo	A.A. por atomización electrotérmica	EPA 239.2	5
Selenio	A.A. por generación de hidruros	EPA 206.5	2

AA: espectrometría de absorción atómica – ICP: espectrometría de emisión por plasma inductivo

2.4.2 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio

La verificación de la calidad analítica se llevó a cabo analizando, junto con las muestras de agua, réplicas (duplicado) de una muestra de agua extraída en la estación CL 5 (Pasarela Medanito) en cada campaña y de una réplica (triplicado) de un blanco de agua ultrapura (Tipo I ASTM) fortificada con 1 mL/500 mL del estándar multielemento V CERTIPUR (Merck) en una de las campañas del ciclo. En las Tablas 2.10 y 2.11 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2.10 - Análisis de metales y metaloides en una réplica (duplicado) de una muestra extraída en la estación CL 5 (Pasarela Medanito) en el mes de marzo de 2005 ⁽¹⁾.

Elemento	Concentración hallada (µg/L)	
	Réplica 1	Réplica 2
Arsénico	< 5	< 5
Cadmio	< 1	< 1
Cinc	14 ± 2	13 ± 2
Cobre	4 ± 1	3 ± 1
Cromo	< 1	< 1
Mercurio	< 1	< 1
Molibdeno	< 10	< 10
Níquel	< 5	< 5
Plomo	< 5	< 5
Selenio	< 2	< 2

⁽¹⁾ La serie completa se encuentra detallada en la Tabla 2.10

Tabla 2.11 - Análisis de metales y metaloides en blancos de agua ultrapura fortificados con estándar multielemento CERTIPUR V (Merck)

Elemento	Concentración adicionada (µg/L)	Concentración hallada (µg/L)		
		Blanco 1	Blanco 2	Blanco 3
Arsénico	40	43 ± 4	47 ± 4	41 ± 4
Cadmio	4	3,9 ± 0,5	4,4 ± 0,5	3,8 ± 0,5
Cinc	4	< 2	< 2	< 2
Cobre	4	5 ± 1	5 ± 1	6 ± 1
Cromo	4	3,7 ± 0,5	3,7 ± 0,5	4,3 ± 0,6
Mercurio	10	10 ± 1	9 ± 1	4,1 ± 0,6
Molibdeno	No disponible	-	-	-
Níquel	10	5 ± 1	6 ± 1	7 ± 1
Plomo	40	41 ± 4	43 ± 4	38 ± 4
Selenio	40	32 ± 4	36 ± 5	41 ± 6

2.4.3 Resultados

En las Tablas 2.12 a 2.19 se muestran los resultados del análisis de metales y metaloides en muestras de agua extraídas en diferentes sitios del sistema del río Colorado. En el ANEXO I del presente informe, con fines comparativos, se ha incluido la serie histórica que comprende los años 2000, 2001, 2002 y 2003 (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004; Alcalde *et al.* 2000, 2003, 2005; Perl 2000, 2002).

Tabla 2.12 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 0 (río Barrancas en puente Ruta N° 40) en el período Julio 2004-Junio 2005

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (05/07/04)	2 (16/08/04)	3 (13/09/04)	4 (11/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (14/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 (13/06/05)
Arsénico	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7 \pm 1	< 5	< 5	<5	< 5	< 5
Cadmio	<1	<1	<1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1
Cinc	9 \pm 1	12 \pm 1	8 \pm 1	21 \pm 2	<2	<2	58 \pm 4	22 \pm 3	6 \pm 1	12 \pm 2	80 \pm 5	3 \pm 1
Cobre	<2	<2	<2	<2	<2	<2	8 \pm 1	< 2	< 2	2 \pm 1	2 \pm 1	< 2
Cromo	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1
Mercurio	<1	<1	<1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1
Molibdeno	<10	<10	<10	< 1	<10	<10	<10	< 10	< 10	<10	< 10	< 10
Níquel	<5	<5	5 \pm 1	< 5	<5	<5	7 \pm 1	< 5	< 5	<5	10 \pm 2	< 5
Plomo	<5	<5	<5	< 5	<5	<5	19 \pm 3	9 \pm 1	< 5	<5	< 5	< 5
Selenio	<2	<2	<2	< 2	<2	<2	<2	< 2	< 2	<2	< 2	< 2

Tabla 2.13 - 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 Julio 2004-Junio 2005

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (05/07/04)	2 (16/08/04)	3 (13/09/04)	4 (11/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (14/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 (13/06/05)
Arsénico	<5	<5	< 5	< 5	<5	<5	<5	< 5	< 5	<5	< 5	< 5
Cadmio	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1
Cinc	12 \pm 2	21 \pm 2	13 \pm 2	28 \pm 3	3 \pm 1	<2	11 \pm 1	10 \pm 1	5 \pm 1	13 \pm 2	5 \pm 1	7 \pm 1
Cobre	<2	6 \pm 1	4 \pm 1	< 2	5 \pm 1	<2	17 \pm 2	3 \pm 1	12 \pm 1	11 \pm 2	8 \pm 1	5 \pm 1
Cromo	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1
Mercurio	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1
Molibdeno	<10	<10	< 10	< 10	<10	<10	<10	< 10	< 10	<10	< 10	< 10
Níquel	<5	<5	< 5	< 5	< 5	<5	<5	< 5	< 5	6 \pm 1	6 \pm 1	< 5
Plomo	<5	<5	< 5	< 5	< 5	<5	<5	< 5	< 5	<5	< 5	< 5
Selenio	<2	<2	< 2	< 2	< 2	<2	<2	< 2	< 2	<2	< 2	< 2

Tabla 2.14 - Concentraciones de metales y metaloides 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 Julio 2004-Junio 2005

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (05/07/04)	2 (16/08/04)	3 (13/09/04)	4 (11/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (14/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 (13/06/05)
Arsénico	<5	<5	< 5	< 5	<5	<5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cadmio	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cinc	11 \pm 1	20 \pm 1	12 \pm 2	27 \pm 3	3 \pm 1	<2	18 \pm 2	18 \pm 2	13 \pm 2	14 \pm 2	6 \pm 1	3 \pm 1
Cobre	<2	<2	< 2	< 2	5 \pm 1	<2	7 \pm 1	3 \pm 1	19 \pm 2	13 \pm 2	3 \pm 1	2 \pm 1
Cromo	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercurio	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Molibdeno	<10	<10	< 10	< 10	<10	<10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Níquel	<5	<5	11 \pm 2	< 5	< 5	<5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Plomo	<5	<5	< 5	< 5	< 5	<5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Selenio	<2	<2	< 2	< 2	< 2	<2	<2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

Tabla 2.15 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 3 (río Colorado a la altura de Desfiladero Bayo) en el período Julio 2004-Junio 2005

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (05/07/04)	2 (16/08/04)	3 (13/09/04)	4 (11/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (14/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 (13/06/05)
Arsénico	<5	<5	< 5	< 5	<5	<5	<5	< 5	< 5	<5	< 5	< 5
Cadmio	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1
Cinc	14 \pm 2	19 \pm 2	11 \pm 2	19 \pm 2	4 \pm 1	<2	13 \pm 1	26 \pm 3	40 \pm 4	9 \pm 1	3 \pm 1	5 \pm 1
Cobre	<2	<2	< 2	10 \pm 2	<2	<2	5 \pm 1	5 \pm 1	20 \pm 2	9 \pm 1	3 \pm 1	4 \pm 1
Cromo	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	2 \pm 1	<1	< 1	< 1
Mercurio	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1
Molibdeno	<10	<10	< 10	< 10	<10	<10	<10	< 10	< 10	<10	< 10	< 10
Níquel	<5	<5	< 5	< 5	< 5	<5	<5	5 \pm 1	12 \pm 2	<5	9 \pm 2	< 5
Plomo	<5	<5	< 5	< 5	< 5	<5	<5	9 \pm 1	8 \pm 1	<5	< 5	< 5
Selenio	<2	<2	< 2	< 2	< 2	<2	<2	< 2	< 2	<2	< 2	< 2

Tabla 2.16 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 4 (río Colorado a la altura de Punto Unido) en el período Julio 2004-Junio 2005

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (06/07/04)	2 (16/08/04)	3 (14/09/04)	4 (12/10/04)	5 (16/11/04)	6 (14/12/04)	7 (18/01/05)	8 (15/02/05)	9 (15/03/05)	10 (12/04/05)	11 (03/05/05)	12 (14/06/05)
Arsénico	<5	<5	<5	< 5	<5	5	<5	6 \pm 1	< 5	< 5	< 5	< 5
Cadmio	<1	<1	<1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cinc	11 \pm 1	21 \pm 2	13 \pm 2	15 \pm 2	4 \pm 1	<2	11 \pm 1	26 \pm 3	11 \pm 1	8 \pm 1	29 \pm 3	13 \pm 2
Cobre	<2	2 \pm 1	< 2	12 \pm 2	<2	<2	4 \pm 1	4 \pm 1	4 \pm 1	8 \pm 1	3 \pm 1	8 \pm 1
Cromo	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercurio	<1	<1	< 1	< 1	<1	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Molibdeno	<10	<10	< 10	< 10	<10	<10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Níquel	<5	<5	< 5	< 5	< 5	<5	<5	12 \pm 2	< 5	11 \pm 2	< 5	< 5
Plomo	<5	<5	< 5	< 5	< 5	<5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Selenio	<2	<2	<2	< 2	< 2	<2	<2	5 \pm 1	< 2	< 2	< 2	< 2

Tabla 2.17 - Concentraciones de metales y metaloides 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 Julio 2004-Junio 2005

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (06/07/04)	2 (17/08/04)	3 (14/09/04)	4 (12/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (15/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 (14/06/05)
Arsénico	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5
Cadmio	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1
Cinc	9 \pm 1/10 \pm 1	19 \pm 2/13 \pm 2	12 \pm 1/13 \pm 2	18 \pm 2/19 \pm 2	11 \pm 1/2 \pm 1	5 \pm 1/<2	14 \pm 2/13 \pm 2	42 \pm 4/26 \pm 3	14 \pm 2/13 \pm 2	9 \pm 1/10 \pm 1	22 \pm 3/4 \pm 1	7 \pm 1/13 \pm 2
Cobre	<2/<2	<2/3 \pm 1	<2/<2	14 \pm 2/15 \pm 2	8 \pm 1/7 \pm 1	11 \pm 1/10 \pm 1	4 \pm 1/4 \pm 1	13 \pm 2/10 \pm 2	4 \pm 1/3 \pm 1	9 \pm 1/8 \pm 1	3 \pm 1/<2	7 \pm 1/8 \pm 1
Cromo	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	< 1/<1	<1/<1	< 1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1
Mercurio	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	< 1/<1	<1/<1	< 1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1
Molibdeno	<10/<10	<10/<10	<10/<10	<10/<10	<10/<10	< 10/<10	<10/<10	<10/<10	<10/<10	<10/<10	<10/<10	<10/<10
Níquel	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	</5/<5	14 \pm 2/6 \pm 1	<5/<5	<5/<5	9 \pm 2/18 \pm 2	<5/<5
Plomo	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/8 \pm 1	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5
Selenio	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	4 \pm 1/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2

Tabla 2.18 - 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) en el período Julio 2004-Junio 2005

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (06/07/04)	2 (17/08/04)	3 (14/09/04)	4 (12/10/04)	5 (16/11/04)	6 (14/12/04)	7 (18/01/05)	8 (15/02/05)	9 (15/03/05)	10 (12/04/05)	11 (03/03/05)	12 (14/06/05)
Arsénico	<5	<5	5	< 5	< 5	< 5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cadmio	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cinc	9 \pm 1	12 \pm 1	15 \pm 2	29 \pm 3	<2	<2	10 \pm 1	6 \pm 1	11 \pm 1	15 \pm 1	4 \pm 1	10 \pm 2
Cobre	<2	<2	< 2	< 2	< 2	< 2	<2	< 2	< 2	3 \pm 1	2 \pm 1	< 2
Cromo	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercurio	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Molibdeno	<10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Níquel	<5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	<5	< 5	< 5	9 \pm 1	14 \pm 2	< 5
Plomo	<5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Selenio	3 \pm 1	<2	< 2	< 2	< 2	< 2	<2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

Tabla 2.19 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 7 (río Colorado a la altura de La Adela) en el período Julio 2004-Junio 2005

Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (07/07/04)	2 (18/08/04)	3 (15/09/04)	4 (13/10/04)	5 (17/11/04)	6 (15/12/04)	7 (19/01/05)	8 (16/02/05)	9 (16/03/05)	10 (13/04/05)	11 (04/05/05)	12 (15/06/05)
Arsénico	<5	<5	5	< 5	< 5	< 5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cadmio	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cinc	10 \pm 1	12 \pm 1	16 \pm 1	29 \pm 3	<2	<2	11 \pm 1	6 \pm 1	10 \pm 1	12 \pm 2	4 \pm 1	4 \pm 1
Cobre	<2	<2	< 2	< 2	< 2	< 2	<2	< 2	< 2	2 \pm 1	3 \pm 1	< 2
Cromo	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mercurio	<1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Molibdeno	<10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Níquel	<5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	<5	< 5	< 5	< 5	24 \pm 3	< 5
Plomo	<5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Selenio	<2	<2	< 2	< 2	< 2	< 2	<2	< 2	< 2	< 2	2 \pm 1	< 2

2.4.4 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides en muestras de agua fueron evaluados tomando como referencia valores guía (Tabla 2.20) que definen la aptitud del agua para diferentes usos (WHO 1993, 1998; *Canadian Environmental Quality Guidelines* 2003)

Tabla 2.20 - 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	0,017
Cinc	3.000	1.000-5.000	50.000	30
Cobre	2.000	200-1.000	500-5.000	2-4
Cromo	50	4,8-8	50	1,0
Mercurio	1	-	3	0,1
Molibdeno	70	10-50	500	73
Níquel	20	200	1.000	25
Plomo	10	200	100	7
Selenio	10	20-50	50	1

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, 1993, 1998; ⁽³⁾ CCME, (2003) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Irrigation*; ⁽⁴⁾ CCME, (2003) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Livestock*; ⁽⁵⁾ CCME, (2003) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*.

2.4.5 Resultados

En relación con los metales y metaloides investigados, durante el período de estudio, en la totalidad de las estaciones de monitoreo no fueron detectados cadmio, cromo, mercurio y molibdeno. Se observó la presencia prácticamente constante de cinc y, con menor frecuencia, cobre en todos los sitios muestreados, incluidos los de referencia. Otros metales como níquel y plomo fueron detectados muy esporádicamente, al igual que arsénico y selenio.

2.4.6 Discusión

El monitoreo de metales y metaloides en la columna de agua en diferentes sitios del sistema del río Colorado llevado a cabo en el período Julio 2004 – Junio 2005, ha puesto de manifiesto que se mantiene la situación observada en los períodos de estudio anteriores. Es decir, la presencia prácticamente constante de elementos como el cinc y, con menor frecuencia, cobre en todas las estaciones muestreadas, incluidas las de referencia, las cuales corresponden a zonas libres de influencia antrópica. Las concentraciones detectadas de cinc fueron inferiores a los valores guía que definen la calidad del agua para uso como fuente de agua potable, en irrigación y en

ganadería. Con muy escasas excepciones los niveles registrados para este metal superaron los valores guía para la protección de la vida acuática, situación que también fue observada en dos oportunidades en la estación de referencia CL 0 (Río Barrancas). Las concentraciones de cobre detectadas indicaron la aptitud del agua para uso en suministros públicos y en irrigación y ganadería. En relación con la protección de la vida acuática, como ha sido observado en ciclos anteriores, los niveles de este metal superaron el valor guía correspondiente, aún en las estaciones de referencia.

Otros elementos tales como arsénico, níquel, plomo y selenio fueron detectados en concentraciones inferiores a los valores guía para el uso del agua para suministros públicos, en irrigación y ganadería. La excepción la constituyó una detección de níquel (estación CL 7, mayo de 2005) y otra de plomo (estación CL 0, enero de 2005) cuyos niveles superaron los valores guía para uso como fuente de agua potable. Cabe destacar que esta situación, puntual y transitoria, no significa una alteración de la calidad del agua para uso en suministros públicos (WHO 1993). Las concentraciones de plomo detectadas en casi todos los casos, al igual que las detecciones de selenio en dos oportunidades, superaron ligeramente el valor guía para la protección de la vida acuática, no así en el caso del arsénico. La presencia de estos elementos en el sistema del río Colorado estaría ligada a la litología de la alta cuenca de los ríos Grande y Barrancas ya que se los detecta en esa zona, en la cual no se desarrollan actividades potencialmente generadoras.

2.5 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) y alifáticos

Los análisis de HAPs e hidrocarburos alifáticos en muestras de agua fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Análisis Cromatográficos CIC de Lomas del Mirador, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 1999).

2.5.1 Metodología analítica

Para el análisis se empleó cromatografía en fase gaseosa con detección por espectrometría de masas (HP5 MS). Se efectuaron dos ensayos distintos para cada muestra, cualitativo y cuantitativo. En la Tabla 2.21 figuran los respectivos límites de cuantificación.

Tabla 2.21 – Límites de cuantificación del método para los diferentes HAPs analizados.

HAPs	Límite de cuantificación del método (µg/L)
Naftaleno	0,010
Acenafteno	0,005
Acenaftileno	0,005
Fluoreno	0,005
Fenantreno	0,005
Antraceno	0,005
Metilnaftaleno	0,010
Dimetilnaftaleno	0,020
Metilfenantreno	0,020
Dimetilfenantreno	0,020
Fluoranteno	0,005
Pireno	0,005
Benzo[b]fluoranteno	0,005
Benzo[k]fluoranteno	0,005
Criseno	0,005
Benzoantraceno	0,005
Benzo[a]pireno	0,005
Dibenzo[a,h]antraceno	0,005
Benzo[g,h,i]perileno	0,005
Indeno[c,d]pireno	0,005

2.5.2 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio

Para el control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio correspondientes al análisis de hidrocarburos se analizaron junto con los lotes de muestras de cada campaña, un blanco de agua ultrapura y una réplica (duplicado) de una de las muestras. El origen e identificación de estas muestras eran desconocidos por el laboratorio.

2.5.3 Resultados

En las Tablas 2.22 a 2.29 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en muestras de agua extraídas en las estaciones de monitoreo en el período Julio 2004-Junio 2005. En el ANEXO II del presente informe, con fines comparativos, se ha incluido la serie histórica que comprende los años 2000, 2001, 2002 y 2003 (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004; Alcalde *et al.* 2000, 2003, 2005; Perl 2000, 2002).

Tabla 2.22 - Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 0 (río Barrancas en puente Ruta N° 40) en el período Julio 2004-Junio 2005

HAPs ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (05/07/04)	2 (16/08/04)	3 (13/09/04)	4 (11/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (14/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 (13/06/05)
Naftaleno	<0,010	0,017	<0,010	0,016	<0,010	<0,010	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acenafteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Acenaftileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenantreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Metilnaftaleno	<0,010	<0,010	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dimetilnaftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	0,023	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Metilfenantreno	<0,020	<0,020	<0,020	0,042	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetilfenantreno	<0,020	<0,020	<0,020	0,046	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[b]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[k]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Criseno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzoantraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[a]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[g,h,i]perileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Indeno[c,d]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Tabla 2.23 - 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 Julio 2004-Junio 2005

HAPs ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (05/07/04)	2 (16/08/04)	3 (13/09/04)	4 (11/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (14/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 13/06/05)
Naftaleno	<0,010	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,016	<0,010	0,026	0,024	<0,010
Acenafteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Acenaftileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenantreno	0,033	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Metilnaftaleno	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dimetilnaftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Metilfenantreno	0,290	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetilfenantreno	0,200	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Pireno	0,014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[b]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[k]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Criseno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzoantraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[a]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[g,h,i]perileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Indeno[c,d]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Tabla 2.24 - 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 Julio 2004-Junio 2005

HAPs ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (05/07/04)	2 (16/08/04)	3 (13/09/04)	4 (11/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (14/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 (13/06/05)
Naftaleno	<0,010	<0,010	0,014	<0,010	<0,010	0,042	<0,010	0,022	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acenafteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Acenaftileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenantreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Metilnaftaleno	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,023	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dimetilnaftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,024	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Metilfenantreno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetilfenantreno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[b]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[k]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Criseno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzoantraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[a]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[g,h,i]perileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Indeno[c,d]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Tabla 2.25 - Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 3 (río Colorado a la altura de Desfiladero Bayo) en el período Julio 2004-Junio 2005

HAPs ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (05/07/04)	2 (16/08/04)	3 (13/09/04)	4 (11/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (14/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 (13/06/05)
Naftaleno	<0,010	<0,010	0,014	<0,010	<0,010	0,023	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acenafteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Acenaftileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenantreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,024	<0,005	<0,005	<0,005
Antraceno	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Metilnaftaleno	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dimetilnaftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Metilfenantreno	0,110	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetilfenantreno	0,082	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[b]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[k]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Criseno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzoantraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[a]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[g,h,i]perileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Indeno[c,d]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Tabla 2.26 - Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 4 (río Colorado a la altura de Punto Unido) en el período Julio 2004-Junio 2005

HAPs ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (05/07/04)	2 (16/08/04)	3 (14/09/04)	4 (12/10/04)	5 (16/11/04)	6 (14/12/04)	7 (18/01/05)	8 (15/02/05)	9 (15/03/05)	10 (12/04/05)	11 (03/05/05)	12 (14/06/05)
Naftaleno	<0,010	0,017	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,018	<0,010	<0,010
Acenafteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Acenaftileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenantreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,020	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,012	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Metilnaftaleno	<0,010	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dimetilnaftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,028	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Metilfenantreno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,030	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetilfenantreno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[b]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[k]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Criseno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzoantraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[a]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[g,h,i]perileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Indeno[c,d]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Tabla 2.27 - Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en réplicas (duplicado)⁽¹⁾ de muestras 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 Julio 2004-Junio 2005

HAPs ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (06/07/04)	2 (17/08/04)	3 (14/09/04)	4 (12/10/04)	5 (15/11/04)	6 (13/12/04)	7 (17/01/05)	8 (14/02/05)	9 (15/03/05)	10 (11/04/05)	11 (02/05/05)	12 (13/06/05)
Naftaleno	<0,010	<0,010	0,016/ 0,017	<0,010	<0,010	0,060/ 0,028	0,023/ 0,010	<0,010	<0,010	<0,010/ 0,034	0,029/ <0,010	<0,010
Acenafteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Acenaftileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenantreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Antraceno	<0,005/ 0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Metilnaftaleno	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,036/ <0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,051/ <0,010	<0,010
Dimetilnaftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020/ 0,022	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Metilfenantreno	<0,020/ 0,065	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetilfenantreno	<0,020/ 0,071	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[b]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[k]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Criseno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzoantraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[a]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[g,h,i]perileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Indeno[c,d]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Cuando los valores de las réplicas son coincidentes se indica un solo valor.

Tabla 2.28 - Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 6 (descarga del embalse Casa de Piedra) en el período Julio 2004-Junio 2005

HAPs ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (06/07/04)	2 (17/08/04)	3 (14/09/04)	4 (12/10/04)	5 (16/11/04)	6 (14/12/04)	7 (18/01/05)	8 (15/02/05)	9 (15/03/05)	10 (12/04/05)	11 (03/05/05)	12 (14/06/05)
Naftaleno	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,016	<0,010	<0,010	<0,010
Acenafteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Acenaftileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenantreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Metilnaftaleno	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dimetilnaftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Metilfenantreno	0,044	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetilfenantreno	0,033	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[b]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[k]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Criseno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzoantraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[a]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[g,h,i]perileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Indeno[c,d]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Tabla 2.29 - Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 7 (río Colorado a la altura de La Adela) en el período Julio 2004-Junio 2005

HAPs ($\mu\text{g/L}$)	Campaña											
	1 (07/07/04)	2 (18/08/04)	3 (15/09/04)	4 (13/10/04)	5 (17/11/04)	6 (15/12/04)	7 (19/01/05)	8 (16/02/05)	9 (16/03/05)	10 (13/04/05)	11 (04/05/05)	12 (15/06/05)
Naftaleno	<0,010	<0,010	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,030	0,011	0,014
Acenafteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Acenaftileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fluoreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenantreno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Metilnaftaleno	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,011
Dimetilnaftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Metilfenantreno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetilfenantreno	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[b]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[k]fluoranteno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Criseno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzoantraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[a]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Benzo[g,h,i]perileno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Indeno[c,d]pireno	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

2.5.4 Valores guía

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 2003), los cuales figuran en la Tabla 2.30.

Tabla 2.30 – Valores guía de HAPs para la protección de la vida acuática¹

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*, 2003

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 1998). Este valor guía, en base a estimaciones de la potencia relativa de los HAPs (WHO 1998), da protección para el resto de los miembros del grupo.

2.5.5 Resultados

Los resultados obtenidos muestran una situación general de no detección de HAPs en los diferentes sitios muestreados durante todo el período de estudio. En ocasiones, muy aisladamente, fueron detectados naftaleno, dimetilnaftaleno, fenantreno, difenilfenantreno y pireno.

2.5.6

En el presente ciclo de estudio, al igual que en los anteriores, en general no hubo detección de HAPs en la columna de agua en las estaciones monitoreadas en el sistema del río Colorado. Algunos miembros del grupo fueron detectados muy aisladamente en diferentes sitios, los cuales incluyeron las estaciones de referencia. Dichos HAPs, por su naturaleza y la concentración en la cual fueron hallados, no implicaban un riesgo para la salud humana ni para la vida acuática.

2.6 Ensayos ecotoxicológicos

Los ensayos ecotoxicológicos crónicos con agua fueron llevados a cabo en el laboratorio del Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas - Universidad Nacional de Luján, Luján, provincia de Buenos Aires.

2.6.1 Estaciones de monitoreo

Las muestras de agua fueron extraídas en los sitios que figuran en la Tabla 2.31.

Tabla 2.31 Estaciones de muestreo de agua en el río Colorado para ensayos ecotoxicológicos

Estación	Sitio	Coordenadas
CL 3	Desfiladero Bayo	S 37° 21' 57" O 69° 00' 55"
CL 4	Punto Unido	S 37° 43' 32" O 67° 45' 47"

2.6.2 Metodología de muestreo

Para la realización de los ensayos ecotoxicológicos se extrajeron, en cada uno de los sitios seleccionados, muestras de agua de 20 L, de acuerdo a lo indicado en el Procedimiento Operativo Estándar PO A002, Sección 4.3.5, las cuales fueron envasadas en bidones de plástico de 5 L de capacidad, previamente lavados (PO A001, Sección 4.4.6) sin dejar cámara de aire y cerrados herméticamente. Las muestras fueron conservadas con hielo y despachadas en esas condiciones, dentro de las 24 h de su recolección y tomando los recaudos necesarios para su arribo al laboratorio dentro de las 48 h.

2.6.3 Ensayos con *Daphnia magna*

(Tomado de Tortorelli, María del Carmen; Alberdi, José Luis; Saenz, María Elena; 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 – Período 2004-2005, Subprograma Calidad del Medio Acuático - Informe de Resultados, Abril de 2005)

La evaluación de la ecotoxicidad crónica del agua se llevó a cabo utilizando como organismo de ensayo *Daphnia magna*, registrándose como variables la sobrevivencia y la reproducción (a través de la estimación del índice

reproductivo denominado Tasa Neta de Reproducción) de la población de este microcrustáceo del zooplancton dulceacuícola, al cabo de 21 días de exposición a las muestras de agua extraídas en sitios seleccionados en el río Colorado en el mes de marzo de 2005.

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

2.6.4 Resultados

2.6.4.1 Sobrevivencia

Los resultados obtenidos para cada una de las muestras analizadas y grupos control respecto del efecto tóxico crónico sobre la mortalidad de los ejemplares expuestos durante 21 días se resumen en la Tabla 2.32. Se indican los valores medios y la desviación estándar 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 cuatro réplicas por tratamiento.

Los datos 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 2.32 - Porcentaje de supervivencia observados en una población de *Daphnia magna* como consecuencia de la exposición crónica, durante 21 días, a una concentración del 100% de cada una de las muestras correspondientes a la Estaciones CL 3 (Desfiladero Bayo) y CL 4 (Punto Unido), ubicadas en el río Colorado, extraídas en el mes de marzo de 2005. Los resultados representan el promedio de cuatro réplicas por tratamiento y control.

Muestra	Supervivencia (%)	F^1 ($\alpha = 0,05$)	b^2
Control ³	90		
Desfiladero Bayo (CL 3)	90	20,0	27
Punto Unido (CL 4)	66,67 *	20,0	20

¹ Valor Crítico de Fisher; a un nivel de significación del 0,05

² Parámetro de Fisher; si **b** es mayor que **F** no existe diferencia significativa entre el Control y el Tratamiento considerado, a un nivel de significación del 0,05.

³ Población control, mantenida durante 21 días en las condiciones indicadas para el ensayo en agua de dilución, en ausencia de muestra.

*Significativamente diferente de los controles (Test exacto de Fisher, $\alpha = 0,05$).

Los resultados obtenidos indican que la muestra de agua correspondiente a la estación CL 3 (Desfiladero Bayo), extraída en el mes de marzo de 2005, no ejerció efectos tóxicos crónicos significativos respecto de los controles sobre la sobrevivencia de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días en las condiciones de los ensayos.

En cambio, los resultados obtenidos indican que la muestra de agua extraída en la estación CL 4 (Punto Unido) en el mes de marzo de 2005, resultó ejercer efectos tóxicos crónicos significativos respecto de los controles sobre la sobrevivencia de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días en las condiciones de los ensayos.

2.6.4.2 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 durante 21 días se resumen en la Tabla 2.33. Se indican los valores medios y la desviación estándar de la Tasa Neta de Reproducción calculada, al cabo de 21 días de exposición, a una concentración del 100% de cada una de las muestras y control, considerando cuatro réplicas por tratamiento.

Tabla 2.33 - Tasa neta de reproducción calculada en una población de *Daphnia magna* como consecuencia de la exposición crónica durante 21 días a una concentración del 100 % de cada una de las muestras correspondientes a las estaciones CL 3 (Desfiladero Bayo) y CL 4 (Punto Unido), ubicadas en el río Colorado, extraídas en el mes de marzo de 2005. Los resultados representan el promedio de cuatro réplicas por tratamiento y control.

Muestra	Tasa Neta de Reproducción (número promedio de progenie hembra/hembra)
Control ¹	95,104 (± 5,08) ²
Desfiladero Bayo (CL 3)	93,167 (± 4,11)
Punto Unido (CL 4)	88,733 (± 4,80)*

¹ Población control, mantenida durante 21 días en las condiciones del ensayo en agua de dilución, en ausencia de muestra.

² Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de la Tasa Neta de Reproducción calculada a una concentración del 100% de la muestra, luego de 21 días de exposición.

* No significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $\alpha = 0,05$)

Los resultados alcanzados indican que las muestras analizadas, correspondientes a la columna líquida de las estaciones CL 3 (Desfiladero Bayo) y CL 4 (Punto Unido), ubicadas en el río Colorado, no resultan ejercer efecto tóxico crónico significativo, respecto de los controles (ANOVA de una vía 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.

En el ANEXO III del presente informe, con fines comparativos, se ha incluido la serie histórica que comprende los años 2000, 2001, 2002 y 2003 (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004; Alcalde *et al.* 2000, 2003, 2005; Perl 2000, 2002).

2.6.5 Discusión

En general, los ensayos ecotoxicológicos llevados a cabo con muestras de agua extraídas en Desfiladero Bayo y Punto Unido, han puesto de manifiesto la ausencia de efectos tóxicos crónicos sobre *Daphnia magna*. La única excepción la constituyó la evaluación de la sobrevivencia en el ensayo con la muestra de agua obtenida en Punto Unido. Este hecho no tiene correlato con los resultados de los análisis químicos de metales/metaloides y HAPs realizados sobre las mismas muestras, los cuales no revelaron ninguna anormalidad. Por lo tanto, este resultado deberá ser sometido a confirmación ya que no se visualizan las posibles causas del mismo.

Referencias

- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2000, *Evaluación de la calidad del agua del sistema río Colorado-embalse Casa de Piedra para diferentes usos*, 4tas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la industria del Petróleo y del Gas, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 3 al 6 de octubre de 2000, Salta.
- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2003, *Calidad del ambiente acuático en el sistema del río Colorado*, 5^{tas} Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 4 al 7 de noviembre de 2003, Mendoza
- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2005, *Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Colorado (Argentina)*, XX Congreso Nacional del Agua, 9 al 14 de mayo de 2005, Mendoza
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2003, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2003, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses - Irrigation*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2003, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses - Livestock*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2001, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2000, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía y Minería de la Nación, Grupo Interempresario. 73 pp y Anexos
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2002, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2001, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía y Minería de la Nación, Grupo Interempresario. 73 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2003, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2002, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 97 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2004, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2003, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 127 pp.
- Gaskin, J. E., 1993, *Quality assurance in water quality monitoring*, Ecosystem Science and Evaluation Directorate, Conservation and Protection Environment Canada, Ottawa, Ontario.
- ISO/IEC, 1999, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- Perl, J.E., 2000, *Programa Integral de Calidad de Aguas de la Cuenca del río Colorado, Argentina*, IV Seminario Taller de Cuencas Hidrológicas Patagónicas – Río Gallegos.
- Perl, J.E., 2002, *Manejo Integral de la Cuenca del río Colorado - Calidad de Aguas* IV Seminario Internacional de Cuencas, Ushuaia, noviembre de 2002
- 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.

En versión impresa hoja en blanco

3 SEDIMENTOS DE FONDO

- 3.1 Introducción
- 3.2 Estaciones de monitoreo
- 3.3 Metodología de muestreo
- 3.4 Análisis de metales y metaloides
 - 3.4.1 Metodologías analíticas
 - 3.4.2 Calidad analítica
 - 3.4.3 Resultados
 - 3.4.4 Valores guía
 - 3.4.5 Discusión
- 3.5 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares
 - 3.5.1 Metodología analítica
 - 3.5.2 Calidad analítica
 - 3.5.3 Resultados
 - 3.5.4 Valores guía
 - 3.5.5 Discusión
- 3.6 Ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo
 - 3.6.1 Ensayos con *Hyalella curvispina*
 - 3.6.2 Ensayos con *Vallisneria spiralis*
 - 3.6.3 Evaluación de biomarcadores sobre *Vallisneria spiralis*
 - 3.6.4 Evaluación de la ecotoxicidad agua del elutriado de los sedimentos de la toma del embalse Casa de Piedra sobre *Daphnia magna*.

Referencias

En versión impresa hoja en blanco

3.1 Introducción

Los sedimentos de fondo del sistema del río Colorado, en los sitios seleccionados, son analizados con el fin de investigar la presencia de sustancias tóxicas que pudieran significar un factor de riesgo para el desarrollo de la vida acuática y constituir una fuente de incorporación de dichas sustancias a la columna de agua y a la fauna íctica a través de las cadenas tróficas. A tal fin, son investigados metales pesados/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en el estrato superficial de dichos sedimentos. Los niveles de concentración buscados son extremadamente bajos ya que están referidos a posibles efectos tóxicos crónicos de las sustancias evaluadas. Esto determina que deban aplicarse metodologías analíticas de alta complejidad bajo un riguroso programa de aseguramiento de la calidad de las operaciones de campo y laboratorio. Complementariamente, los resultados obtenidos a través de los análisis químicos son confirmados y ampliados mediante la realización de ensayos ecotoxicológicos crónicos. Estos ensayos aportan información sobre la actividad ecotoxicológica global de los sedimentos de fondo.

3.2 Estaciones de monitoreo

En el presente período de estudio se realizaron dos campañas de muestreo de sedimentos de fondo, en septiembre de 2004 y en marzo de 2005.

Las muestras de sedimentos de fondo para análisis de metales y metaloides y HAPs fueron extraídas en las estaciones de monitoreo que se describen en la Tabla 3.1. Las muestras para ensayos ecotoxicológicos fueron extraídas únicamente en el embalse Casa de Piedra en las estaciones indicadas en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 - Ubicación de las estaciones de monitoreo de sedimentos de fondo.

Estación	Coordenadas
Río Colorado, aguas abajo Puesto Hernández	S 37° 18' 04" O 69° 02' 56"
Cola embalse Casa de Piedra (sitio 1)	S 38° 11' 22" O 67° 39' 53"
Cola embalse Casa de Piedra (sitio 2)	S 38° 11' 27" O 67° 39' 58"
Toma embalse Casa de Piedra, (sitio 1)	S 38° 13' 10" O 67° 12' 16"
Toma embalse Casa de Piedra, (sitio 2)	S 38° 12' 52" O 67° 12' 07"
Toma embalse Casa de Piedra, (sitio 3)	S 38° 12' 44" O 67° 11' 59"

3.3 Metodología de muestreo

La preparación de los elementos para el muestreo y la obtención de las muestras de sedimentos de fondo fue llevada 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*. Del sedimento obtenido con la draga se tomaron submuestras, con implementos de vidrio previamente lavados con ácido nítrico al 5%, aquellas porciones de sedimento que no habían entrado en contacto con la draga. Las submuestras se homogeneizaron en recipientes de vidrio previamente acondicionados y posteriormente se extrajeron las porciones para enviar a los laboratorios. Se estima que los sedimentos obtenidos son representativos del estrato 0-10 cm.

Para la extracción de los sedimentos 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. 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 (1 kg) para enviar a cada uno de los laboratorios.

Todos los elementos de envasado fueron previamente lavados con ácido nítrico al 5%, enjuagados con agua ultrapura (Tipo I ASTM) y acetona grado cromatográfico según el tipo de análisis a realizar.

Para el análisis de metales y metaloides, las porciones de sedimentos fueron envasadas en bolsas de polietileno previamente lavadas con ácido nítrico al 5% y enjuagadas con agua ultrapura (Tipo I ASTM). Para el análisis de HAPs las porciones fueron envasadas en bandejas de aluminio previamente enjuagadas con acetona grado cromatográfico.

Las muestras de sedimentos de fondo para ensayos ecotoxicológicos fueron obtenidas solamente en el embalse Casa de Piedra. Las correspondientes submuestras fueron envasadas en porciones de 1 kg en bolsas de polietileno sometidas previamente al procedimiento de lavado antes indicado.

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 en ese estado a los laboratorios. Las muestras para ensayos ecotoxicológicos fueron mantenidas bajo refrigeración y remitidas al laboratorio en ese estado.

3.4 Análisis de metales y metaloides

3.4.1 Metodologías analíticas

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 1999).

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	Límite de cuantificación (µg/g)
Arsénico	A.A. por generación de hidruros	EPA 3051 - 7061a	5
Bario	ICP	EPA 3051 - 6010 B	0,6
Boro	ICP	EPA 3051 - 6010 B	6
Cadmio	ICP	EPA 3051 - 213.2	0,5
Cinc	ICP	EPA 3051 - 6010 B	3
Cobre	ICP	EPA 3051 - 6010 B	3
Cromo	ICP	EPA 3051 - 6010 B	3
Mercurio	A.A. por vapor frío	EPA 3051- EPA 7471a	0,05
Molibdeno	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1
Níquel	ICP	EPA 3051 - 6010 B	5
Plata	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1
Plomo	ICP	EPA 3051 - 6010 B	3
Selenio	AA por generación de hidruros	EPA 3051 - 7741a	0,6
Vanadio	ICP	EPA 3051 - 6010 B	3

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

3.4.2 Calidad analítica

La verificación de la calidad analítica se llevó a cabo analizando, junto con las muestras de sedimentos de fondo extraídas en septiembre de 2004 y marzo de 2005, un material de referencia certificado (WQB-1 - *Reference Sediment - National Water Research Institute (NWRI) - Canada*). En las Tablas 3.3 y 3.4 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3.3 Análisis de metales recuperables totales en el material de referencia WQB-1 (*Reference Sediment*) – *National Water Research Institute (NWRI) – Canada* – (Octubre 2004)

Elemento	Concentración certificada (µg/g)	Concentración hallada (µg/g)	Error ⁽¹⁾ %
Arsénico	23,1	22,1	-4,3
Bario	413	408	-1,2
Boro	77,3	75	-3,0
Cadmio	1,79	1,7	-5,0
Cinc	279	274	-1,8
Cobre	78,4	77	-1,8
Cromo	77,2	76	-1,6
Mercurio	1,09	1,0	-8,3
Molibdeno	1,20	1,1	-8,3
Níquel	63,1	62	-1,7
Plata	0,85	<1	-
Plomo	85,0	86	1,2
Selenio	1,53	1,4	-8,5
Vanadio	107	103	-3,7

(1) Gaskin, J.E. 1993

Tabla 3.4 Análisis de metales recuperables totales en el material de referencia WQB-1 (*Reference Sediment*) – *National Water Research Institute (NWRI) – Canada* (marzo de 2005)

Elemento	Concentración certificada (µg/g)	Concentración hallada (µg/g)	Error ⁽¹⁾ %
Arsénico	23,1	22,2	-3,9
Bario	413	409	-1,0
Boro	77,3	75	-3,0
Cadmio	1,79	1,7	-5,0
Cinc	279	272	-2,5
Cobre	78,4	76	-3,1
Cromo	77,2	75	-2,8
Mercurio	1,09	1,0	-8,3
Molibdeno	1,20	1,1	-8,3
Níquel	63,1	63	-0,2
Plata	0,85	<1	-
Plomo	85,0	84	-1,2
Selenio	1,53	1,4	-8,5
Vanadio	107	103	-3,7

(1) Gaskin, J.E. 1993

3.4.3 Resultados

En la Tabla 3.5 se muestran los resultados del análisis de metales y metaloides en la fracción recuperable total en muestras de sedimentos de fondo extraídas en el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra. Con fines comparativos, en el Anexo IV se ha incluido el registro de resultados obtenidos en períodos de estudio anteriores (COIRCO 2000, 2001, 2002 y 2003).

Tabla 3.5 – Metales y metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra en septiembre de 2004 y marzo de 2005.

Metal/metaloide ($\mu\text{g/g}$)	Río Colorado aguas abajo Puesto Hernández		Cola embalse Casa de Piedra		Toma embalse Casa de Piedra	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Arsénico	5,2	7,0	5,7	6,0	4,3	2,0
Bario	405	333	146	279	104	409
Boro	10	30	8,5	58	18	75
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	78	49	56	105	44	112
Cobre	29	13	22	44	18	42
Cromo	26	23	23	38	13	15
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	19	16	16	20	13	5,5
Plata	<1	80	<1	24	<1	102
Plomo	8,6	8,0	3,2	20	1,2	23
Selenio	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6
Vanadio	110	98	56	191	95	252

3.4.4 Valores guía

Los resultados obtenidos fueron evaluados tomando como referencia los valores guía para la protección de la vida acuática publicados en *Canadian Environmental Guidelines* (CCME 2003) los cuales figuran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 -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/metaloide	Valor guía ($\mu\text{g/g}$)	Nivel de Efecto Probable ($\mu\text{g/g}$)
Arsénico	5,9	17,0
Cadmio	0,6	3,5
Cinc	123,0	315,0
Cobre	35,7	197,0
Cromo	37,3	90,0
Mercurio	0,170	0,486
Plomo	35,0	91,3

⁽¹⁾ *Canadian Environmental Quality Guidelines, CCME, 2003*

3.4.5 Discusión

Los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de sedimentos de fondo extraídas en septiembre de 2004 en el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra (cola y toma) indicaron que los niveles detectados de arsénico, cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio y plomo fueron inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática. En las muestras extraídas en marzo de 2005 se observó una situación similar. Las únicas excepciones las constituyeron el arsénico en la estación ubicada aguas abajo de Puesto Hernández y el cobre en la cola y en la toma del embalse Casa de Piedra, los cuales superaron muy ligeramente los respectivos valores guía siendo sin embargo las concentraciones de estos elementos muy inferiores a los respectivos niveles de probable efecto, los cuales son 17 µg/g para el arsénico y 197 µg/g para el cobre. Por lo tanto, se concluye que los sedimentos de fondo en los sitios investigados no presentan alteraciones, con respecto al contenido de metales y metaloides, que involucren un riesgo para la vida acuática. La significación de las concentraciones del resto de los elementos investigados, para los cuales hasta el presente no se han derivado valores guía ha sido evaluada a través de los ensayos ecotoxicológicos que se describen en la sección 3.6.

3.5 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares

Los análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares en sedimentos de fondo fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Análisis Cromatográficos CIC de Lomas del Mirador, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 1999)

Las determinaciones fueron realizadas mediante cromatografía en fase gaseosa con detección por espectrometría de masas.

3.5.1 Metodología analítica

Se extrajeron con diclorometano, por sonicación durante tres horas, cantidades pesadas de muestras (aproximadamente 40 g), previamente mezcladas con sulfato de sodio anhidro. Las fracciones de diclorometano para cada muestra se filtraron y se llevaron a sequedad a presión reducida, retomando luego en el menor volumen posible de diclorometano. Se inyectó en el cromatógrafo 1 µL del extracto para cada ensayo (se llevaron a cabo dos ensayos distintos para cada muestra, uno cualitativo de identificación y otro cuantitativo). Mediante una segunda extracción se determinó que la concentración remanente de HAPs en la muestra era muy baja. Sobre fracciones de muestras independientes se determinó el contenido de humedad por secado en estufa.

En la Tabla 3.7 figuran los HAPs analizados y los límites de cuantificación alcanzados por el laboratorio.

Tabla 3.7 – HAPs analizados y sus respectivos límites de cuantificación

HAPs	Límite de cuantificación (µg/g)
Naftaleno	0,010
Acenafteno	0,010
Acenaftileno	0,010
Fluoreno	0,010
Fenantreno	0,010
Antraceno	0,010
Metilnaftaleno	0,020
Dimetilnaftaleno	0,030
Metilfenantreno	0,010
Dimetilfenantreno	0,030
Fluoranteno	0,010
Pireno	0,010
Benzo[b]fluoranteno	0,010
Benzo[k]fluoranteno	0,010
Criseno	0,010
Benzoantraceno	0,010
Benzo[a]pireno	0,010
Dibenzo[a,h]antraceno	0,010
Benzo[g,h,i]perileno	0,010
Indeno[c,d]pireno	0,010

3.5.2 Calidad analítica

Con el fin de evaluar la calidad analítica, en cada campaña, se llevó a cabo el análisis de muestras de sedimentos fortificadas con un estándar de HAPs, el cual contenía una concentración de 20 µg/mL de los siguientes hidrocarburos: Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno, Fluoranteno, Pireno, Benzo[a]antraceno, Criseno, Benzo[b]fluoranteno, Benzo[k]fluoranteno, Benzo[a]pireno, Dibenzo[a,h]antraceno, Benzo[ghi]perileno, Indeno[1,2,3-cd]pireno. En las Tablas 3.8 y 3.9 se muestran los porcentajes de recuperación obtenidos en las muestras fortificadas correspondientes a las campañas de septiembre de 2004 y marzo de 2005.

Tabla 3.8. Porcentajes de recuperación de HAPs en una muestra de sedimentos de fondo (extraída en la cola del embalse Casa de Piedra en el mes de septiembre de 2004) fortificada con un estándar para dar una concentración de 0,0517 µg/g (peso seco) de cada hidrocarburo.

HAPs	Concentración hallada (µg/g)		% Recuperación ⁽¹⁾
	Muestra fortificada	Muestra sin fortificar	
Naftaleno	0,0229	<LC	44,3
Acenafteno	0,0423	<LC	81,8
Acenaftileno	0,0411	<LC	79,5
Fluoreno	0,0463	<LC	89,6
Fenantreno	0,0475	<LC	91,9
Antraceno	0,0475	<LC	91,9
Fluoranteno	0,0466	<LC	90,1
Pireno	0,0477	<LC	92,3
Benzo[b+k]fluoranteno	0,1117	<LC	108,2
Criseno + Benzo[a]antraceno	0,1054	<LC	101,9
Benzo[a]pireno	0,0521	<LC	100,8
Dibenzo[a,h]antraceno	0,0485	<LC	93,8
Benzo[ghi]perileno	0,0517	<LC	100,0
Indeno[1,2,3-cd]pireno	0,0485	<LC	93,8

Para el cálculo de los porcentajes de recuperación los valores inferiores al límite de cuantificación (LC) fueron considerados igual a cero.

LC: 0,010 µg/g; metilnaftalenos: 0,020 µg/g; dimetilnaftalenos y dimetilfenantrenos: 0,030 µg/g

⁽¹⁾ Gaskin, J.E., 1993

Tabla 3.9. Porcentajes de recuperación de HAPs en una muestra de sedimentos de fondo (extraída en la cola del embalse Casa de Piedra en el mes de marzo de 2005) fortificada con un estándar para dar una concentración de 1,063 µg/g (peso seco) de cada hidrocarburo.

HAPs	Concentración hallada (µg/g)		% Recuperación ⁽¹⁾
	Muestra fortificada	Muestra sin fortificar	
Naftaleno	0,305	0,040	25,0
Acenafteno	0,552	<LC	51,9
Acenaftileno	0,584	<LC	54,9
Fluoreno	0,745	<LC	70,1
Fenantreno	0,828	0,047	73,5
Antraceno	0,782	<LC	73,6
Fluoranteno	0,833	<LC	78,4
Pireno	0,799	<LC	75,2
Benzo[b+k]fluoranteno	1,659	<LC	78,0
Criseno + Benzo[a]antraceno	1,631	0,012	76,2
Benzo[a]pireno	0,749	<LC	70,5
Dibenzo[a,h]antraceno	0,728	<LC	68,5
Benzo[ghi]perileno	0,755	<LC	71,0
Indeno[1,2,3-cd]pireno	0,730	<LC	68,7

Para el cálculo de los porcentajes de recuperación los valores inferiores al límite de cuantificación (LC) fueron considerados igual a cero.

LC: 0,010 µg/g; metilnaftalenos : 0,020 µg/g; dimetilnaftalenos y dimetilfenantrenos: 0,030 µg/g

⁽¹⁾ Gaskin, J.E., 1993

3.5.3 Resultados

En la Tabla 3.10 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en muestras de sedimentos de fondo extraídas en el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra (cola y toma). Con fines comparativos, en el Anexo V se ha incluido el registro de resultados obtenidos en períodos de estudio anteriores (COIRCO 2000, 2001, 2002 y 2003).

Tabla 3.10. HAPs en sedimentos de fondo ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra (septiembre de 2004 y marzo de 2005)

HAPs	Río Colorado (aguas abajo Puesto Hernández)		Embalse Casa de Piedra (cola)		Embalse Casa de Piedra (toma)	
	09/ 2004	03/ 2005	09/ 2004	03/ 2005	09/ 2004	03/ 2005
Naftaleno	<LC	0,011	<LC	0,040	<LC	0,029
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,036
Fenantreno/Antraceno	<LC	<LC	0,017	0,047	<LC	0,159
Metilnaftaleno	<LC	<LC	<LC	0,025	<LC	<LC
Dimetilnaftaleno	<LC	<LC	0,055	0,059	<LC	0,154
Metilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetilfenantreno	<LC	<LC	<LC	0,054	<LC	0,230
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno + Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	0,012	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC

3.5.4 Valores guía

La evaluación de los resultados obtenidos se hizo tomando como referencia los valores guía de calidad de sedimentos de fondo de agua dulce para la protección de la vida acuática (CCME 2003), los cuales figuran en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11. Valores guía y niveles de efecto probable para la calidad de los sedimentos de aguas dulces para la protección de la vida acuática (CCME 2003)

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

En septiembre de 2004 y marzo de 2005, en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández, no hubo detección de HAPs en los sedimentos de fondo, la única excepción fue naftaleno, el cual fue detectado en una sola oportunidad. En el embalse Casa de Piedra (cola), en septiembre de 2004 hubo escasas detecciones, siendo hallados dos miembros del grupo de bajo peso molecular, en tanto que en marzo de 2005 hubo mayor detección (seis HAPs). En la toma del embalse, en septiembre de 2004, no hubo detección de HAPs, en tanto que en marzo de 2005, fueron detectados cinco miembros del grupo.

3.5.5 Discusión

En las campañas de muestreo de sedimentos de fondo llevadas a cabo en septiembre de 2004 y marzo de 2005 en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández (centro del área de explotación petrolera) se observó una situación normal, sin detección de HAPs en ambas oportunidades. La única detección, fue la de un miembro del grupo, que por su naturaleza y concentración no significaba un riesgo para la vida acuática.

Las detecciones de HAPs en la cola del embalse Casa de Piedra fueron en concentraciones inferiores o próximas a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática. En tanto que en la toma del embalse, en algunos casos, las concentraciones halladas fueron ligeramente superiores a los respectivos valores guía pero inferiores a los niveles de efecto probable.

A partir de estos resultados se concluye que la calidad de los sedimentos de fondo en los sitios investigados no involucra un riesgo para la vida acuática. No obstante, con fines confirmatorios, se han llevado a cabo ensayos ecotoxicológicos, ya que para algunos miembros del grupo no han sido

derivados todavía los correspondientes valores guía. Los resultados de dichos ensayos son presentados en la siguiente sección.

3.6 Ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo

(Tomado de Tortorelli, María del Carmen; Alberdi, José Luis; Saenz, María Elena; 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 – Período 2004-2005, Subprograma Calidad del Medio Acuático - Informe de Resultados, Abril de 2005)

Los ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo fueron llevados a cabo en el Laboratorio del Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Luján, Luján, provincia de Buenos Aires.

Para los ensayos fueron empleados dos organismos: *Hyalella curvispina*, crustáceo anfípodo bentónico y *Vallisneria spiralis*, macrófita acuática enraizada. En este último organismo fueron evaluados los biomarcadores guaiacol peroxidasa y catalasa. Además, con el elutriado de los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra se efectuaron ensayos de ecotoxicidad aguda sobre *Daphnia magna*, microcrustáceo del zooplancton dulceacuícola.

3.6.1 Ensayos con *Hyalella curvispina*

Los ensayos con *Hyalella curvispina* se efectuaron con muestras de sedimentos de fondo extraídas en el embalse Casa de Piedra. La duración del diseño de ensayo seleccionado fue de 10 días. El protocolo utilizado corresponde al recomendado por la U.S. Environmental Protection Agency (1996, *Ecological Effects test Guidelines, OPPTS 850.1735, Whole sediment toxicity invertebrates, freshwater, Office of Prevention, Pesticidas and Toxic Substances, 7101, EPA 712-C-96-354*).

Para efectuar los ensayos se separaron dos porciones de la muestra correspondiente a la toma del embalse Casa de Piedra. La primera de ellas no fue sometida a ninguna modificación y fue utilizada directamente en la realización de los ensayos; se la denominó como Fracción No Aireada. La segunda de ellas fue sometida a aireación intensa durante 48 h y luego fue utilizada para efectuar los ensayos, denominándose la como Fracción Aireada.

La muestra correspondiente a la cola del embalse fue utilizada directamente para los ensayos sin someterla a ninguna modificación.

Al cabo de los 10 días de exposición, los distintos medios de ensayo control y tratados fueron filtrados a través de una malla de 500 µm a fin de separar y contar los ejemplares sobrevivientes en cada uno de ellos. Del mismo modo, se separaron los sobrevivientes y se midió la longitud total de estos ejemplares en los grupos control y tratados, a efectos de analizar las diferencias en el crecimiento como consecuencia de la exposición a los sedimentos evaluados.

En la Tabla 3.12 figuran los resultados obtenidos para las variables de ensayo seleccionadas (porcentaje de mortalidad y longitud total media) como resultado de la exposición durante 10 días de una población de

Hyalella curvispina a muestras de sedimento entero (100%) extraídas en el embalse Casa de Piedra en las estaciones Toma (Fracciones No Aireada y Aireada) y Cola en el mes de marzo de 2005.

Tabla 3.12. 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 en las estaciones Toma del embalse Casa de Piedra (Fracciones No Aireada y Aireada) y Cola del embalse Casa de Piedra en el mes de marzo de 2005. Los resultados para cada muestra representan el promedio de tres réplicas por tratamiento.

Muestra	Mortalidad (%)	Longitud Total (mm)
Control ¹	10,00 (\pm 10,00) ²	1112,31 (\pm 34,18)
Toma del embalse Casa de Piedra (Fracción No Aireada)	11,00 (\pm 11,67)*	1079,27 (\pm 26,01)*
Toma del embalse Casa de Piedra (Fracción No Aireada)	13,00 (\pm 9,23)*	1104,56 (\pm 18,56)*
Cola del embalse Casa de Piedra	15,00 (\pm 5,00)*	1099,16 (\pm 28,12)*

¹ Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra.

² Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de mortalidad o longitud total alcanzado a una concentración del 100% de la muestra o control analizado, luego de 10 días de exposición.

* No significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $p \leq 0,05$).

Los valores presentados en la Tabla 3.12 han evidenciado la ausencia de diferencias significativas entre los porcentajes de mortalidad y los valores de crecimiento, medidos como longitud total, registrados como resultado de la exposición de una población de *Hyalella curvispina*, durante 10 días a las muestras de sedimento entero correspondientes a las estaciones Toma del embalse Casa de Piedra y Cola del embalse Casa de Piedra, y a la muestra de sedimento entero aireado correspondiente a la Estación Toma del embalse, extraídas en el mes de marzo de 2005, en relación con los controles (ANOVA de una vía con test de *Dunnett*, $p \leq 0,05$).

Por lo tanto, no se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos de los sedimentos analizados correspondientes a los sitios antes señalados, sobre la sobrevivencia y el crecimiento, medido como longitud total, de las poblaciones de *Hyalella curvispina* expuestas durante 10 días en las condiciones de los ensayos.

3.6.2 Ensayos con *Vallisneria spiralis*

Los ensayos de ecotoxicidad con sedimentos de fondo, fueron realizados utilizando como organismo de prueba a una población de *Vallisneria spiralis*, de acuerdo a las recomendaciones indicadas en *Biernacki et al.*, 1997, *Laboratory assay of sediment phytotoxicity using the macrophyte Vallisneria americana*, *Environ. Toxicol. And Chem.* 16 (3): 472-478.

Las variables observadas en los ensayos fueron la generación de biomasa, mediante el conteo de hojas y raíces nuevas y la determinación del contenido de clorofila *a*.

Se incubaron ejemplares jóvenes obtenidos a partir de cultivos pertenecientes al Laboratorio del Programa de Investigación en Ecotoxicología, en las muestras de sedimentos de fondo extraídas en el embalse Casa de Piedra en el mes de marzo de 2005.

Se llevaron a cabo estimaciones de la biomasa inicial de los ejemplares utilizados, mediante el conteo del número de hojas de cada planta, número de raíces, peso fresco y longitud de las hojas. Se estimó la superficie foliar mediante técnicas de análisis por imágenes, considerando las recomendaciones de *Gerber et al.* (1994, *An image technique to determine the surface area and volume for dissected leaves of aquatic macrophytes*, *Aquatic Bot.* 48: 175-182). Para la aplicación de esta técnica se utilizó un microscopio *Nikon* modelo Eclipse 600, provisto del software *Image Pro Plus Media Cybernetic*, para análisis de imágenes.

Las concentraciones utilizadas para el ensayo fueron del 0% (control) y 100% para cada una de las muestras de las estaciones Toma del embalse y Cola del embalse. Los ensayos se llevaron a cabo por duplicado.

Los ejemplares de *Vallisneria spiralis* fueron plantados en recipientes conteniendo los sedimentos a ensayar. Las incubaciones se realizaron a 22 °C con un fotoperíodo de 12 h luz/12 h oscuridad, bajo una intensidad lumínica de 1500 lux. Al cabo de 10 días de incubación, se determinó el número de hojas y raíces nuevas en ejemplares expuestos y controles, como una estimación de la generación de biomasa a lo largo de la exposición. Por otra parte, a la finalización del ensayo, se realizaron estimaciones del contenido de clorofila *a* de los ejemplares tratados y controles. Las determinaciones de clorofila *a* fueron llevadas a cabo por fluorimetría.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13. Proporción de hojas nuevas (%) como estimadores de la generación de biomasa y contenido de clorofila *a* observados como resultado de la exposición durante 10 días de una población de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento entero (100%) obtenidas en las estaciones Toma y Cola del embalse Casa de Piedra en el mes de marzo de 2005. Los resultados para cada muestra representan el promedio de 3 réplicas por tratamiento.

Muestra	Proporción de hojas nuevas (%)	Contenido de clorofila <i>a</i> (mg/g, peso fresco)
Control ¹	48,0 (± 0,67) ²	273,3 (± 18,7)
Toma del embalse	48,5 (± 0,33)*	291,6 (± 20,6)*
Cola del embalse	39,7 (± 0,67)*	256,5 (± 48,1)*

¹ Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra.

² Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de proporción de hojas nuevas (%) y contenido de clorofila *a* alcanzado a una concentración del 100% de la muestra o control analizado, luego de 10 días de exposición.

* No significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $p \leq 0,05$).

Los valores presentados en la Tabla 3.13 han evidenciado la ausencia de diferencias significativas entre la proporción de hojas nuevas (%) y el contenido de clorofila *a*, registrados como resultado de la exposición de una población de *Vallisneria spiralis*, durante 10 días a las muestras de sedimento entero correspondientes a las estaciones Toma del embalse Casa de Piedra y Cola del embalse Casa de Piedra, extraídas en el mes de marzo de 2005, en relación con los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $p \leq 0,05$).

Por lo tanto, no se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos de los sedimentos analizados correspondientes a los sitios antes señalados, sobre la generación de hojas nuevas y el contenido de clorofila *a*, de la población de *Vallisneria spiralis* expuesta durante 10 días en las condiciones de los ensayos.

3.6.3 Evaluación de biomarcadores sobre *Vallisneria spiralis*

Adicionalmente, se determinó la actividad enzimática de guaiacol peroxidasa y catalasa en ejemplares de *Vallisneria spiralis* expuestos a las muestras de sedimentos evaluadas.

Para la determinación de la actividad guaiacol peroxidasa se empleó el método desarrollado por Egert y Tevini (Egert M and M Tevini, 2002, *Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (Allium schoenoprasum)*, *Environ. and Exp. Botany* 48: 43-49).

La actividad catalasa fue determinada mediante el método desarrollado por Johansson y Borg (Johansson, L.H. and L.A. Borg, 1988, *A spectrophotometric method for determination of catalase activity in small tissue samples*, *Anal Biochem* 174: 331-336).

Las actividades guaiacol peroxidasa y catalasa fueron determinadas en los ejemplares control y expuestos al sedimento entero aireado y no aireado de las estaciones Toma del embalse y Cola del embalse, correspondiente a las muestras extraídas en marzo de 2005, utilizadas en los ensayos de ecotoxicidad sobre esta especie antes detallados.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14. Actividad guaiacol peroxidasa (medida en micromol de guaiacol catalizado por minuto de reacción por mg de proteína) observada como resultado de la exposición durante 10 días de una población de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento entero (100%) (Fracciones No Aireada y Aireada) obtenidas en las estaciones Toma del embalse y Cola del embalse en el mes de marzo de 2005. Los resultados para cada muestra representan el promedio de 3 réplicas por tratamiento.

Muestra	Actividad guaiacol peroxidasa (Mm Guaiacol/min/mg proteína)
Control ¹	12,0 (± 3,2) ²
Toma del embalse (Fracción No Aireada)	51,4 (± 3,7)*
Toma del embalse (Fracción Aireada)	46,6 (± 5,1)*
Cola del embalse (Fracción No Aireada)	15,3 (± 2,3)
Cola del embalse (Fracción Aireada)	14,7 (± 3,7)

¹ Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra.

² Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de actividad enzimática alcanzado a una concentración del 100% de la muestra o control analizado, luego de 10 días de exposición.

* Significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, p ≤ 0,05).

Los resultados registrados en la Tabla 3.14 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 para las Fracciones No Aireada y Aireada de la muestra de sedimento entero de la estación Cola del embalse Casa de Piedra respecto de los controles no expuestos. Por otra parte, se observa la ausencia de diferencias significativas entre ambas Fracciones de la misma estación de muestreo.

Por el contrario, los resultados registrados en la Tabla 3.14 muestran la existencia de una diferencia significativa (ANOVA de un factor con test de Dunnet, $p < 0,05$) entre los valores de actividad guaiacol peroxidasa observada en los ejemplares expuestos a las Fracciones No Aireada y Aireada de la muestra de sedimentos enteros de la estación Toma del embalse respecto de los controles no expuestos. Por otra parte, se observa la ausencia de diferencias significativas entre ambas Fracciones de la misma estación de muestreo.

En la Tabla 3.15 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de la actividad catalasa.

Tabla 3.15. Actividad catalasas (medida en micromol de peróxido de hidrógeno catalizado por minuto de reacción por mg de proteína) observada como resultado de la exposición durante 10 días de una población de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento entero (100%) (Fracciones No Aireada y Aireada) obtenidas en las estaciones Toma del embalse y Cola del embalse en el mes de marzo de 2005. Los resultados para cada muestra representan el promedio de 3 réplicas por tratamiento.

Muestra	Actividad catalasas (Mm H ₂ O ₂ /min/mg proteína)
Control ¹	2100,00 (± 250,00) ²
Toma del embalse (Fracción No Aireada)	3200,0 (± 100,00)*
Toma del embalse (Fracción Aireada)	2900,00 (± 140,00)*
Cola del embalse (Fracción No Aireada)	1428,57 (± 560,00)
Cola del embalse (Fracción Aireada)	1200,00 (± 430,0)

¹ Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra. ² Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de actividad enzimática alcanzado a una concentración del 100% de la muestra o control analizado, luego de 10 días de exposición.

* Significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $p \leq 0,05$).

Los resultados registrados en la Tabla 3.15 permiten observar la ausencia de diferencias significativas (ANOVA de un factor con test de Dunnet, $p < 0,05$) entre los valores de la actividad catalasas para las Fracciones No Aireada y Aireada de la muestra de sedimento entero de la estación Cola del embalse Casa de Piedra respecto de los controles no expuestos. Por otra parte, se observa la ausencia de diferencias significativas entre ambas Fracciones de la misma estación de muestreo.

Por el contrario, los resultados registrados en la Tabla 3.15 muestran la existencia de una diferencia significativa (ANOVA de un factor con test de Dunnet, $p < 0,05$) entre los valores de actividad catalasas observada en los ejemplares expuestos a las Fracciones No Aireada y Aireada de la muestra de sedimentos enteros de la estación Toma del embalse respecto de los controles no expuestos. Por otra parte, se observa la ausencia de diferencias significativas entre ambas Fracciones de la misma estación de muestreo.

3.6.4 Evaluación de la ecotoxicidad agua del elutriado de los sedimentos de la toma del embalse Casa de Piedra sobre *Daphnia magna*.

Con el objeto de obtener mayor información acerca de los efectos ecotoxicológicos de los sedimentos de fondo del área de la toma del embalse Casa de Piedra se efectuaron ensayos de ecotoxicidad aguda del elutriado de la muestra de esa estación sobre una población de *Daphnia magna*, al cabo de 48 h de exposición.

Los ensayos fueron realizados sobre el elutriado de la muestra de sedimento no aireado extraída en marzo de 2005 en la citada estación. Dicho elutriado fue efectuado de acuerdo a la técnica recomendada por U.S. EPA (2000, *Method 1310A, Extraction procedure (EP) toxicity test method and structural integrity test*, EPA SW 846.3.3A *Test Methods for Solid Waste*: 1-18 pp).

Los ensayos de ecotoxicidad aguda preliminares y definitivos fueron realizados siguiendo el protocolo recomendado por U.S. EPA (1996, *Ecological Effects Guidelines, OPPTS 850.1010, Aquatic Invertebrate Acute Toxicity Test, Freshwater Daphnids*, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, 7101: 1-10), el cual ha sido armonizado con los correspondientes a ISO (International Standards Organization, 1989. *Water Quality – Determination of the inhibition of the mobility of Daphnia magna Starus*. ISO/6341, Geneva) y OCDE (OCDE 1981. *Test guidelines 202. Decision of the Council C.(81) 30 final. Acute toxicity test for Daphnia. Oficial Journal of the European Communities* N° L 251, Paris: 155-159).

El índice de ecotoxicidad evaluado fue la CE50 (concentración efectiva 50), la cual es la concentración del elutriado que causa un efecto determinado (en este caso inmovilidad), excluyendo la muerte, en el 50% de la población expuesta, respecto de los controles, al cabo de un determinado tiempo de exposición.

Los resultados obtenidos para las distintas concentraciones del elutriado de la muestra evaluada se resumen en la Tabla 3.16. Se consideraron los resultados promedio obtenidos en dos ensayos, realizados con tres réplicas cada uno.

Tabla 3.16 – Porcentajes de inmovilidad observados en el ensayo, a las distintas concentraciones evaluadas del elutriado de la muestra de sedimento entero no aireado correspondiente a la estación Toma del embalse, recolectada en marzo de 2005, como resultado de la exposición aguda de ejemplares de *Daphnia magna* durante 48 h, en las condiciones descritas. Los resultados representan el promedio de ensayos realizados cada uno por triplicado.

Concentración (%)	Número de organismos inmóviles/Número de organismos expuestos	Inmovilidad ¹ (%)
0 (Control) ²	0/60	0
0,10	0/60	0
1,00	0/60	0
2,00	1/60	1,67
4,00	1/60	1,67
8,00	0/60	0
16,0	0/60	0
32,0	0/60	0
64,0	1/60	1,67
100	2/60	3,33

¹ Porcentaje de inmovilidad observado, como media entre los ensayos y las réplicas realizadas;

² Población control, mantenida durante 48 h en el medio de cultivo óptimo para la especie ensayada en ausencia del elutriado de la muestra, en similares condiciones ambientales a las descritas.

Los resultados indicados en la Tabla 3.16 permiten concluir que se observa una inmovilidad no significativamente diferente de los controles (ANOVA de un factor con test de Dunnett, $p > 0,05$).

Con fines comparativos, en el Anexo VI se ha incluido el registro de resultados de ensayos ecotoxicológicos crónicos obtenidos en períodos de estudio anteriores (COIRCO 2000, 2001, 2002 y 2003).

3.6.4 Discusión

Los ensayos ecotoxicológicos llevados a cabo con sedimentos de fondo extraídos en la cola y toma del embalse Casa de Piedra han puesto de manifiesto la ausencia de efectos tóxicos crónicos sobre los dos organismos de ensayo empleados (*Hyaella curvispina* y *Vallisneria spiralis*). Estos resultados son consistentes con los obtenidos a través del análisis de metales/metaloideos y HAPs y refuerzan la conclusión acerca de la ausencia de riesgo para la vida acuática en relación con la calidad de los sedimentos de fondo.

La evaluación de biomarcadores en *Vallisneria spiralis* (actividades guaiacol peroxidasa y catalasas) no mostró efectos significativos sobre los mismos en poblaciones de ese organismo de ensayo expuestas a los sedimentos de fondo de la cola del embalse. En cambio, sí los hubo en las evaluaciones realizadas con poblaciones expuestas a los sedimentos de la toma, no visualizándose la posible causa de estos resultados. Con el elutriado obtenido a partir de las mismas muestras de sedimentos de la toma se llevaron a cabo ensayos de ecotoxicidad aguda con *Daphnia magna*, los cuales no evidenciaron efectos significativos con respecto a los controles no expuestos.

Para asignar los resultados obtenidos en la evaluación de biomarcadores en poblaciones de *Vallisneria spiralis* expuestas a los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse a una detección temprana de efectos ecotóxicos, debería llevarse a cabo una valoración más profunda de las enzimas involucradas en el ciclo de Halliwell – Asada tales como superóxido dismutasa y ascorbato peroxidasa.

Referencias

- CCME, 2003, *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, Environmental Quality Guidelines.
- Gaskin, J. E., 1993, *Quality assurance in water quality monitoring*, Ecosystem Science and Evaluation Directorate, Conservation and Protection Environment Canada, Ottawa, Ontario.
- ISO/IEC, 1999, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- COIRCO, 2000, *Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema del Río Colorado-Embalse Casa de Piedra*, Comisión Técnica Fiscalizadora, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario, Informe Técnico del Comité Interjurisdiccional del río Colorado (COIRCO), 118 pp.
- COIRCO, 2001, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2000, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía y Minería de la Nación, Grupo Interempresario.
- COIRCO, 2002, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2001, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario.
- COIRCO, 2003, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2002, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario.
- COIRCO, 2004, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2003, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario.

En versión impresa hoja en blanco

4

INVESTIGACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN MÚSCULO DE PECES

- 4.1 Introducción
- 4.2 Estaciones de monitoreo
- 4.3 Metodología de muestreo
- 4.4 Análisis de metales y metaloides
 - 4.4.1 Metodologías analíticas
 - 4.4.2 Calidad analítica
 - 4.4.3 Resultados
 - 4.4.4 Límites para el consumo humano
 - 4.4.5 Discusión
- 4.5 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares
 - 4.5.1 Metodología analítica
 - 4.5.2 Calidad analítica
 - 4.5.3 Resultados
 - 4.5.4 Límites para el consumo humano
 - 4.5.5 Discusión

Referencias

En versión impresa hoja en blanco

4.1 Introducción

La investigación de sustancias tóxicas en el músculo dorsal de las diferentes especies de peces presentes en el sistema del río Colorado tiene por objeto establecer la aptitud de los mismos para el consumo humano. Las sustancias investigadas, metales y metaloides y HAPs, al igual que en la columna de agua y los sedimentos de fondo, están relacionadas con las fuentes potenciales de dichos contaminantes existentes en el área.

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos en dos campañas de muestreo de peces, una realizada en septiembre de 2004 y la restante en abril de 2005.

4.2 Estaciones de monitoreo

Los sitios seleccionados para el muestreo de peces son el río Colorado a la altura de Desfiladero Bayo, representativo de una zona de explotación petrolera, y el embalse Casa de Piedra (cola), lugar potencial de acumulación de contaminantes. En la Tabla 4.1 figuran la ubicación y la descripción de las estaciones de muestreo de peces.

Tabla 4.1 - Ubicación de las estaciones de muestreo de peces en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra (Septiembre 2004 y Abril 2005)

Estación	Coordenadas	Descripción
Río Colorado (Desfiladero Bayo)	S 37° 21' 56" O 69° 00' 55"	Zona cercana al puente de Desfiladero Bayo
Embalse Casa de Piedra (cola)	S 38° 12' 44" O 67° 39' 10"	Sitio de pesca con redes en la margen derecha del embalse, en cercanías del embarcadero (S 38° 12' 35" O 67° 39' 29")
	S 38° 12' 14" O 67° 37' 29"	Sitio de pesca con redes en la margen izquierda del embalse, distante 2,73 km en línea recta desde el embarcadero (S 38° 12' 35" O 67° 39' 18")

4.3 Metodología de muestreo

(Sauval, R. H., Muestreo de Peces en Río Colorado – Desfiladero Bayo y Embalse Casa de Piedra, Período 2004, Septiembre 2004 y Período 2005, Abril 2005)

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.

En las dos campañas de muestreo de peces realizadas en el período 2004-2005, se utilizaron principalmente dos métodos de pesca: redes agalleras (*Fukui Fishing Net Co. Ltd.*), compuesta por siete paños armados de distinto tamaño de malla, y pesca eléctrica. Las redes fueron utilizadas tanto en el río Colorado como en el embalse Casa de Piedra, en tanto que la pesca eléctrica fue utilizada sólo en el río Colorado. La totalidad de las capturas fue realizada por medio de las redes, dado que la pesca eléctrica una vez más no dio resultado.

En el río (Desfiladero Bayo), se caló una batería de 7 paños en un brazo secundario del río, ubicado aguas arriba del puente sobre la margen izquierda. Debido a la velocidad de la corriente, las redes se calaron en forma paralela a la costa.

En el embalse Casa de Piedra se realizaron pescas en dos sitios en el área adyacente a la cola del embalse (uno sobre margen izquierda y otro sobre margen derecha). En cada sitio se caló una batería completa.

Se realizó el calado de las redes al atardecer y se dejaron durante dos noches en Desfiladero Bayo y una noche en el embalse Casa de Piedra. Durante el día se recorrieron las mismas varias veces para extraer los ejemplares capturados.

La pesca eléctrica se empleó en la estación Desfiladero Bayo, en sectores de aguas someras. Se utilizó un aparato *Smith-Root 15-D* equipado con un generador *Honda EX350*. El muestreo se efectuó por aplicaciones de pulsos sucesivos por unidad de tiempo en sitios "abiertos". Con este arte de pesca se obtuvieron capturas de ejemplares pequeños de pejerreyes, perquitas, bagres otuno y bagres de torrentes.

Se seleccionaron para la extracción de los músculos dorsales los peces mayores, en tanto que los individuos restantes, de menor tamaño, fueron devueltos inmediatamente a su habitat por no ser de utilidad para los estudios requeridos.

En la campaña de muestreo de septiembre de 2004 se empleó además una red de voleo circular de 4m de diámetro. Con este método, al igual que con la pesca eléctrica, se obtuvieron ejemplares pequeños de pejerrey, perquita espinuda y bagre otuno.

En septiembre de 2004 se capturaron 54 peces en total (19 en el río Colorado y 35 en el embalse Casa de Piedra), en tanto que en la campaña de abril de 2005 fue capturado un total de 362 peces.

En ambas campañas, una vez obtenidos los ejemplares fueron medidos (largo total) y pesados (peso fresco total). En base a estos parámetros fueron seleccionados los individuos de cada especie que compondrían los lotes a analizar. Éstos variaron en número de ejemplares de acuerdo a las características de la captura lograda. Cuando se obtuvieron menos de 20 individuos de la especie se disecó la totalidad de los mismos, exceptuando a los ejemplares muy pequeños. En los casos en que se pescaron más de 20 piezas, se obtuvieron submuestras con peces de tamaño intermedio y lo más homogénea posible.

Inmediatamente después de pesarlos se realizó la disección de cada pieza extrayendo dos porciones de los paquetes musculares dorsales (axiales) mediante la utilización de cuchillos de material plástico para aquellos destinados a la determinación de metales y metaloides y con bisturí para los destinados a la determinación de HAPs.

Las porciones de músculo dorsal de cada especie íctica fueron envasadas en bandejas de aluminio o papel de dicho material (análisis de HAPs) y en bolsas de polietileno (análisis de metales y metaloides). Todos los elementos de envasado utilizado fueron acondicionados previamente según lo indicado en el Procedimiento Operativo Estándar PO P001.

Las muestras fueron colocadas en conservadoras portátiles conteniendo hielo seco (-22°C) y luego fueron almacenadas en *freezer* hasta su envío a los respectivos laboratorios.

En las Tablas 4.2 y 4.3 figura el detalle de las especies obtenidas en cada estación en las campañas de septiembre de 2004 y abril de 2005 y el número de ejemplares a los cuales se les extrajo una porción de músculo dorsal para el análisis de metales y metaloides y HAPs.

Tabla 4.2 – Especies de peces capturadas en la campaña de muestreo de septiembre 2004 y número de ejemplares a los cuales se les extrajo una porción de músculo dorsal

Estación	Nombre común	Nombre científico
Desfiladero Bayo (río Colorado)	Perquita espinuda (4) Pejerrey bonaerense (4) Bagre otuno (1)	<i>Percichthys altispinis</i> <i>Odontesthes bonariensis</i> <i>Olivaichthys viedmensis</i>
Embalse Casa de Piedra (cola)	Pejerrey bonaerense (23) Carpa (9) Trucha arco iris (2)	<i>Odontesthes bonariensis</i> <i>Cyprinus Carpio</i> <i>Oncorhynchus mykiss</i>

Tabla 4.3 – Especies de peces capturadas en la campaña de muestreo de abril de 2005 y número de ejemplares a los cuales se les extrajo una porción de músculo dorsal

Estación	Nombre común	Nombre científico
Desfiladero Bayo (río Colorado)	Perquita espinuda (22) Perca bocona (1) Bagre otuno (2) Bagre de los torrentes (2)	<i>Percichthys altispinis</i> <i>Percichthys colhuapensis</i> <i>Olivaichthys viedmensis</i> <i>Hatcheria macraei</i>
Embalse Casa de Piedra (cola)	Pejerrey bonaerense (20) Carpa (20) Perca bocona (1)	<i>Odontesthes bonariensis</i> <i>Cyprinus Carpio</i> <i>Percichthys colhuapensis</i>

Como puede apreciarse en las Tablas 4.2 y 4.3, tanto en el muestreo de septiembre de 2004 como en el de abril de 2005, para algunas especies de peces, a pesar de los esfuerzos de pesca, no pudieron lograrse capturas que alcanzaran el número mínimo de ejemplares recomendados para este tipo de estudios (Ministry of Environment and Energy, 2005). Este hecho ya se ha producido con anterioridad para algunas especies en otros ciclos de estudio, en particular en el río Colorado (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004).

En Desfiladero Bayo, en la campaña de septiembre de 2004 se capturaron nuevamente ejemplares de pejerrey bonaerense y bagre de torrentes. Estas especies fueron observadas por primera vez en el muestreo de septiembre de 2003. En esta campaña no se observó ectoparasitosis (crustáceos Lerneidos) en los ejemplares de las distintas especies capturadas.

En el embalse Casa de Piedra, de acuerdo a lo observado en los muestreos efectuados en septiembre de 2004, el pejerrey bonaerense continuaba siendo la especie más abundante en este sitio, aunque la captura y el tamaño promedio fueron notablemente menores que en años anteriores. No se observaron evidencias de ectoparasitismo. Las carpas tuvieron una mayor contribución que en el periodo anterior, en tanto se reiteró una ausencia total de percas. Se capturaron dos ejemplares de trucha arco iris y uno de trucha marrón, aunque de tamaño no adecuado para los fines del estudio.

En Desfiladero Bayo en el año 2005 las capturas fueron moderadamente superiores a las de años anteriores. No obstante, se confirmó que la densidad de peces en este sector es baja. En esta ocasión también fueron capturados bagres de los torrentes, obteniéndose dos ejemplares de tamaño adecuado para la extracción de muestras de músculo dorsal. Alrededor del 40% de las perquitas espinudas capturadas presentaban ectoparásitos (crustáceos Lerneidos).

En el embalse Casa de Piedra, en abril de 2005, el pejerrey bonaerense continuó siendo la especie más abundante en este sitio, con una captura mayor a la registrada en el año 2004. No se observaron evidencias de ectoparasitismo. Se obtuvo una mayor cantidad de ejemplares de carpa que en el período de estudio anterior, en tanto que se capturó un solo ejemplar de perca bocona.

4.4 Análisis de metales y metaloides

4.4.1 Metodologías analíticas

Los análisis de metales y metaloides en 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 1999).

Las técnicas y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 4.4. Para el análisis las muestras fueron sometidas previamente a digestión multiácida (Método EPA 200.3).

Tabla 4.4 – Técnicas y métodos analíticos y sus respectivos límites de cuantificación empleados en el análisis de metales y metaloides en músculo de peces.

Elemento	Técnica analítica	Método	Límite de cuantificación (µg/g)
Antimonio	A.A. por generación de hidruros	EPA 200.3/7062	0,2
Arsénico	A.A. por generación de hidruros	EPA 200.3 – 7061 A	0,2
Bario	ICP	EPA 200.3 – 7061 A	0,2
Cadmio	A:A por atomización electrotérmica	EPA 200.3 – 7131 A	0,1
Cinc	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	1,0
Cobre	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,5
Cromo	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,2
Hierro	ICP	EPA 200.3 – 6010 B	1,0
Mercurio	A.A. por vapor frío	EPA 200.3 – 7471 A	0,05
Molibdeno	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,2
Níquel	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,2
Plata	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,3
Plomo	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,15
Selenio	AA por generación de hidruros	EPA 200.3 – 7741 A	0,4

AA: espectrometría de absorción atómica – ICP: espectrometría de emisión por plasma inductivo

4.4.2 Calidad analítica

La verificación de la calidad analítica se llevó a cabo analizando, junto con las muestras de músculo dorsal de las diferentes especies de peces, un material de referencia certificado (DORM-2 - *National Research Council - NRC - Canada*). En las Tablas 4.5 y 4.6 se muestran los resultados obtenidos correspondientes a las campañas de septiembre de 2004 y abril de 2005.

Tabla 4.5 - Análisis de metales y metaloides en el material de referencia certificado DORM-2 - *National Research Council (NRC) - Canada*.(campaña septiembre 2004)

Elemento	Concentración certificada (µg/g)	Concentración hallada (µg/g)	Error ⁽¹⁾ %
Antimonio	no disponible	<0,2	-
Arsénico	18,0 ± 1,1	17±2	-5,6
Bario	no disponible	2,3±0,4	-
Cadmio	0,043 ± 0,008	<0,1	-
Cinc	25,6 ± 2,3	24,8±2,1	-3,1
Cobre	2,34 ± 0,16	2,3±0,6	-1,7
Cromo	34,7 ± 5,5	33,6±2,5	-3,2
Hierro	142 ± 10	138±10	-2,8
Mercurio	4,64 ± 0,26	4,26±0,21	-8,2
Molibdeno	no disponible	<0,2	-
Níquel	19,4 ± 3,1	18,8±2,0	-3,1
Plata	0,041 ± 0,013	<0,3	-
Plomo	0,065 ± 0,007	<0,15	-
Selenio	1,40 ± 0,09	1,3±0,2	-7,1

⁽¹⁾ Gaskin, J.E. 1993

Las incertidumbres corresponden a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 4.6 - Análisis de metales y metaloides en el material de referencia certificado DORM-2 - *National Research Council (NRC) - Canada*.(campaña abril 2005)

Elemento	Concentración certificada (µg/g)	Concentración hallada (µg/g)	Error ⁽¹⁾ %
Antimonio	no disponible	<0,2	-
Arsénico	18,0 ± 1,1	17±2	-5,6
Bario	no disponible	2,3±0,4	-
Cadmio	0,043 ± 0,008	<0,1	-
Cinc	25,6 ± 2,3	24,6±2,0	-3,9
Cobre	2,34 ± 0,16	2,3±0,6	-1,7
Cromo	34,7 ± 5,5	33,6±2,5	-3,2
Hierro	142 ± 10	139±10	-2,1
Mercurio	4,64 ± 0,26	4,34±0,20	-6,5
Molibdeno	no disponible	<0,2	-
Níquel	19,4 ± 3,1	18,9±2,0	-2,6
Plata	0,041 ± 0,013	<0,3	-
Plomo	0,065 ± 0,007	<0,15	-
Selenio	1,40 ± 0,09	1,3±0,2	-7,1

⁽²⁾ Gaskin, J.E. 1993

Las incertidumbres corresponden a un nivel de confianza del 95%.

4.4.3 Resultados

En las Tablas 4.7 y 4.8 se muestran las concentraciones de metales y metaloides en base a peso húmedo medidas en el músculo dorsal de las diferentes especies de peces capturadas en las campañas de muestreo de septiembre de 2004 y abril de 2005. Las concentraciones halladas se informan con sus respectivas incertidumbres de medición, las cuales son incertidumbres expandidas (factor de cobertura $k=2$) y corresponden a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. Dichas incertidumbres han sido calculadas en el laboratorio del INTEMIN empleando la metodología de la guía EURACHEM/CITAC (*Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*).

En el ANEXO VII del presente informe, con fines comparativos, se ha incluido la serie histórica que comprende los años 2000, 2001, 2002 y 2003 (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004; Alcalde *et al.* 2000, 2003, 2005; Perl 2000, 2002).

Tabla 4.7 – Concentraciones de metales y metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el sistema del río Colorado en septiembre de 2004.

Metal/ Metaloide ($\mu\text{g/g}$)	Desfiladero Bayo (río Colorado)			Embalse Casa de Piedra (cola)		
	Perquita espinuda	Pejerrey bonaerense	Bagre otuno	Pejerrey bonaerense	Carpa	Trucha arco iris
Arsénico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Antimonio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bario	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cadmio	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cinc	19 \pm 2	21 \pm 2	18 \pm 2	11 \pm 2	8,7 \pm 1,1	30 \pm 2
Cobre	0,5 \pm 0,1	2,1 \pm 0,3	2,6 \pm 0,4	0,7 \pm 0,1	4,2 \pm 1,1	3,3 \pm 0,8
Cromo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Hierro	119 \pm 10	80 \pm 9	211 \pm 16	56 \pm 6	72 \pm 8	179 \pm 14
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Níquel	<0,2	<0,2	1,1 \neq 0,1	<0,2	<0,2	<0,2
Plata	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Plomo	<0,15	34 \pm 4	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Selenio	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4

Tabla 4.8 – Concentraciones de metales y metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el sistema del río Colorado en abril de 2005.

Metal/ Metaloide ($\mu\text{g/g}$)	Desfiladero Bayo (río Colorado)				Embalse Casa de Piedra (cola)		
	Perquita espinuda	Bagre de torrentes	Bagre otuno	Perca bocona	Pejerrey bonaerense	Carpa	Perca bocona
Arsénico	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Antimonio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bario	<0,2	<0,2	7,5 \pm 0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cadmio	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cinc	7,4 \pm 1,1	15 \pm 2	8,8 \pm 1,3	6,9 \pm 1,1	8,0 \pm 1,2	7,1 \pm 1,1	8,6 \pm 1,3
Cobre	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	3,3 \pm 0,8	0,8 \pm 0,1
Cromo	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Hierro	25 \pm 6	16 \pm 5	377 \pm 26	7,9 \pm 1,4	5,7 \pm 1,2	7,1 \pm 1,3	4,1 \pm 0,9
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	0,22 \pm 0,02	<0,05	0,32 \pm 0,03	<0,05
Molibdeno	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Níquel	<0,2	<0,2	1,1 \pm 0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Plata	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Plomo	<0,15	<0,15	1,1 \pm 0,2	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Selenio	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4

Los resultados obtenidos fueron evaluados tomando como referencia los límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos en peces y productos de la pesca (Código Alimentario Argentino y SENASA), los cuales se muestran en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9 – Límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos en peces y productos de la pesca (Código Alimentario Argentino y SENASA)

Metal/metaloide	Límite ($\mu\text{g/g}$)
Antimonio ¹	2,0
Arsénico ¹	1,0
Bario ²	500,0
Boro ¹	80,0
Cadmio ¹	1,0
Cinc ¹	100,0
Cobre ¹	10,0
Cromo	-
Hierro ²	500,0
Mercurio ¹	0,5
Molibdeno	-
Níquel ²	150,0
Plata ¹	1,0
Plomo ¹	2,0
Selenio ¹	0,3

(¹) Código Alimentario Argentino - (²) SENASA

4.4.4 Discusión

Los resultados obtenidos en el análisis de músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (Desfiladero Bayo) y en el embalse Casa de Piedra (cola), indicaron que los distintos elementos investigados estaban presentes en concentraciones inferiores a los límites para el consumo de pescado (Código Alimentario Argentino, SENASA). La única excepción la constituyó la concentración de plomo hallada en septiembre de 2004 en pejerrey bonaerense en el río Colorado (Desfiladero Bayo), la cual superó el límite. Aunque el número de ejemplares capturados de esta especie (4) resulta insuficiente para establecer restricciones al consumo. El origen del plomo está vinculado a la litología de la alta cuenca ya que se lo detecta en las estaciones de referencia, libres de influencia antrópica.

De los resultados obtenidos en el ciclo 2004-2005 no surgió la necesidad de recomendar restricciones al consumo de pescado con relación a este tipo de sustancias.

4.5 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares

4.5.1 Metodología analítica

Los análisis de HAPs en músculo de peces fueron llevados a cabo mediante cromatografía en fase gaseosa con detección por espectrometría de masas en el Laboratorio de Análisis Cromatográficos CIC de Lomas del Mirador, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 1999).

Las muestras de músculo de los diferentes ejemplares fueron homogeneizadas, tomándose de cada una porciones representativas. Se efectuó una extracción de las alícuotas de muestras con diclorometano por sonicación durante tres horas.

La extracción se hizo dentro de cartuchos tipo Soxhlet para evitar el filtrado posterior. Las fracciones de diclorometano para cada muestra se pasaron por una columna de alúmina con el fin de eliminar la mayor parte de la materia grasa disuelta. Luego, las columnas se enjuagaron con porciones frescas de diclorometano y las fases orgánicas se evaporaron a presión reducida para eliminar el solvente, retomando luego en 1 mL de diclorometano. Este proceso se repitió efectuando una segunda extracción en cada porción de muestra. Se inyectó en el cromatógrafo 1 μ L para cada ensayo (dos distintos para cada muestra: cualitativo de identificación y cuantitativo para HAPs).

4.5.2 Calidad analítica

La calidad analítica fue evaluada mediante el análisis de una muestra fortificada con un estándar de HAPs. Para ello se tomó una porción de

músculo dorsal de carpa (30,0472 g) y se le agregó un pequeño volumen de estándar equivalente a 2 µg de cada HAP. El estándar contenía 20 µg/mL de naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo[a]antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno, benzo[a]pireno, dibenzo[a,h]antraceno, benzo[g,h,i]perileno e indeno[c,d]pireno.

En la Tabla 4.10 se muestran los porcentajes de recuperación obtenidos para cada HAP.

Tabla 4.10 – Porcentajes de recuperación de HAPs en una muestra de carpa capturada en el embalse Casa de Piedra fortificada con un estándar para dar una concentración de 66,6 ng/g (peso húmedo)

HAP	Muestra adicionada (ng/g)	Muestra sin adición (ng/g)	% Recuperación ⁽¹⁾
Naftaleno	68	5	94,6
Acenaftileno	70	<LC	105,1
Acenafteno	70	<LC	105,1
Fluoreno	72	<LC	108,1
Fenantreno	62	<LC	93,1
Antraceno	61	8,6	79,6
Fluoranteno	67	<LC	100,6
Pireno	65	<LC	97,6
Benzo[b+k]fluoranteno	135	<LC	101,4
Criseno + benzo[a]antraceno	117	<LC	87,8
Benzo[a]pireno	42	<LC	63,1
Dibenzo[a,h]antraceno	43	<LC	64,6
Benzo[g,h,i]perileno	57	<LC	85,6
Indeno[c,d]pireno	55	<LC	82,6

⁽¹⁾ Gaskin, J.E., 1993 - Límite de cuantificación: 0,010 µ/g

4.5.3 Resultados

En las tablas 4.11 y 4.12 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en el músculo de diferentes especies de peces capturadas en el sistema del río Colorado.

En el ANEXO VIII del presente informe, con fines comparativos, se ha incluido la serie histórica que comprende los años 2000, 2001, 2002 y 2003 (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004; Alcalde *et al.* 2000, 2003, 2005; Perl 2000, 2002).

Tabla 4.11 – Hidrocarburos aromáticos polinucleares ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) en músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el sistema del río Colorado en septiembre de 2004.

Hidrocarburo ($\mu\text{g/g}$)	Desfiladero Bayo (río Colorado)			Embalse Casa de Piedra (cola)		
	Perquita espinuda	Pejerrey bonaerense	Bagre otuno	Pejerrey bonaerense	Carpa	Trucha arco iris
Naftaleno	<LC	<LC	0,044	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0086	<LC
Metilnaftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetilnaftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno + benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[c,d]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC

LC (límite de cuantificación): 0,005 $\mu\text{g/g}$; para naftaleno y metilnaftalenos: 0,010 $\mu\text{g/g}$; para dimetilnaftalenos, metilfenantrenos y dimetilfenantrenos: 0,030 $\mu\text{g/g}$.

Tabla 4.12 – Hidrocarburos aromáticos polinucleares ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) en músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el sistema del río Colorado en abril de 2005.

Hidrocarburo ($\mu\text{g/g}$)	Desfiladero Bayo (río Colorado)				Embalse Casa de Piedra (cola)		
	Perquita espinuda	Bagre de torrentes	Bagre otuno	Perca bocona	Pejerrey bonaerense	Carpa	Perca bocona
Naftaleno	0,063	0,100	0,124	0,036	0,030	0,036	0,051
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	0,008	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metilnaftaleno	<LC	<0,100	<0,050	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetilnaftaleno	<LC	<0,300	<0,150	<LC	<LC	<LC	<LC
Metilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno + benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC

(continuación)

Benzo[a]pireno	<LC						
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC						
Benzo[g,h,i]perileno	<LC						
Indeno[c,d]pireno	<LC						

LC (límite de cuantificación): 0,005 µg/g; para naftaleno y metilnaftalenos: 0,010 µg/g; para dimetilnaftalenos, metilfenantrenos y dimetilfenantrenos: 0,030 µg/g.

En septiembre de 2004 sólo se detectó naftaleno en el músculo dorsal de ejemplares de bagre otuno capturados en el río Colorado. En ejemplares de carpa capturados en el embalse Casa de Piedra solamente fue hallado antraceno. Los restantes HAPs investigados no fueron detectados.

En abril de 2005 se detectó naftaleno en el músculo dorsal de todos los ejemplares analizados, tanto los capturados en el río Colorado como en el embalse Casa de Piedra. En este último sitio también fue hallado antraceno en ejemplares de pejerrey bonaerense. Al igual que en septiembre de 2004, en esta oportunidad tampoco fueron detectados los restantes HAPs investigados.

4.5.4 Límites para el consumo humano

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

4.5.5 Discusión

La situación general fue de no detección de HAPs en las muestras de diferentes especies de peces capturadas en el sistema del río Colorado. Los miembros del grupo detectados, por su naturaleza y concentración no involucran un riesgo para la salud humana. Por lo tanto, del presente estudio no surgió la necesidad de recomendar restricciones al consumo de pescado en relación con la presencia de este tipo de sustancias.

Referencias

- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2000, *Evaluación de la calidad del agua del sistema río Colorado-embalse Casa de Piedra para diferentes usos*, 4tas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la industria del Petróleo y del Gas, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 3 al 6 de octubre de 2000, Salta.
- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2003, *Calidad del ambiente acuático en el sistema del río Colorado*, 5^{tas} Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 4 al 7 de noviembre de 2003, Mendoza
- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2005, *Evaluación de la calidad del agua en la*

- cuenca del río Colorado (Argentina)*, XX Congreso Nacional del Agua, 9 al 14 de mayo de 2005, Mendoza
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2001, *Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema del Río Colorado- Embalse Casa de Piedra- Año 2000*, Comisión Técnica Fiscalizadora, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario, Informe Técnico del Comité Interjurisdiccional del río Colorado (COIRCO), 73 pp. y Anexos.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2002, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2001, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía y Minería de la Nación, Grupo Interempresario. 73 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2003, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2002, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 97 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2004, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2003, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 127 pp.
- De la Canal y Asociados, 2003, Código Alimentario Argentino
- Gaskin, J. E., 1993, *Quality assurance in water quality monitoring*, Ecosystem Science and Evaluation Directorate, Conservation and Protection Environment Canada, Ottawa, Ontario.
- ISO/IEC, 1999, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- Ministry of Environment and Energy, 2005, *Guide to Eating Ontario Sport Fish 2005-2006*, 23th Edition, Revised
- Perl, J.E., 2000, *Programa Integral de Calidad de Aguas de la Cuenca del río Colorado, Argentina*, IV Seminario Taller de Cuencas Hidrológicas Patagónicas – Río Gallegos.
- Perl, J.E., 2002, *Manejo Integral de la Cuenca del río Colorado - Calidad de Aguas* IV Seminario Internacional de Cuencas, Ushuaia, noviembre de 2002
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Animal), 1994, *Normas sanitarias para los productos de la pesca*, Suplemento edición N° 76 de la revista REDES de la industria Pesquera Argentina.
- 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*. 823_B-00-008 – Washington D.C.

En versión impresa hoja en blanco

5

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente ciclo de estudio permiten establecer las siguientes conclusiones:

5.1 Calidad del agua

Nuevamente se corrobora la aptitud del agua en el sistema del río Colorado para su uso como fuente de agua potable, en agricultura, ganadería y como medio para el desarrollo de la vida acuática, de acuerdo a los datos aportados por el monitoreo de sustancias tóxicas en la columna de agua.

Los ensayos de ecotoxicidad crónica han corroborado en la estación Desfiladero Bayo, zona particularmente sensible por ser el centro del área de la explotación petrolera en la cuenca, los resultados de los análisis químicos en relación con la aptitud del agua para el desarrollo de la vida acuática.

5.2 Calidad de los sedimentos de fondo

El análisis de metales y metaloides en sedimentos de fondo en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández, en la cola y toma del embalse Casa de Piedra reveló que los mismos se encontraban, con escasas excepciones, en concentraciones inferiores o muy próximas a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática.

Los ensayos ecotoxicológicos crónicos practicados a las mismas muestras de sedimentos de fondo, revelaron la ausencia de efectos tóxicos significativos para los dos diferentes organismos de prueba utilizados.

Los ensayos ecotoxicológicos agudos efectuados con el elutriado de los sedimentos extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra mostraron ausencia de toxicidad sobre el organismo de ensayo empleado.

La evaluación de dos biomarcadores en uno de los organismos de ensayo expuesto a los sedimentos de fondo mostró ausencia de diferencias significativas con respecto a los controles en la cola del embalse, en tanto que las diferencias fueron significativas con las muestras de la toma. Los análisis de metales/metaloides y HAPs no explican este resultado.

En general no hubo detección de HAPs en los sedimentos de fondo en los sitios muestreados. Cuando hubo detección de estas sustancias fue en concentraciones inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática o bien, si éstos fueron superados, los niveles hallados

fueron inferiores a los respectivos niveles de efecto probable. En base a estos resultados se concluye que la calidad de los sedimentos de fondo en los sitios investigados no involucra un riesgo para la vida acuática.

5.3 Sustancias Tóxicas en Músculo de Peces

El contenido de metales y metaloides detectado en el músculo dorsal de peces capturados en el sistema del río Colorado, puso de manifiesto que no existe la necesidad de recomendar restricciones al consumo, de acuerdo a las normas tomadas como referencia.

En general no hubo detección de HAPs en las muestras de diferentes especies de peces capturadas en el sistema del río Colorado. En dos oportunidades se constató la presencia de sendos miembros del grupo que por su naturaleza no involucran un riesgo para la salud humana. Por lo tanto, del presente estudio no surgió la necesidad de recomendar restricciones al consumo de pescado en relación con este tipo de sustancias.

6 RECOMENDACIONES

6. Recomendaciones

- Continuar con el monitoreo de metales/metaloides e hidrocarburos en columna líquida con el fin de obtener una evaluación permanente de la calidad del agua en el sistema del río Colorado.
- Mantener los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua del río Colorado en los sitios evaluados en el presente ciclo, como complemento del análisis químico. Confirmar aquellos resultados observados que no tienen correlato con los análisis químicos a través de la inspección del área muestreada y la realización de nuevos ensayos.
- 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 polinucleares.
- Mantener el monitoreo de metales y metaloides en sedimentos de fondo en las estaciones muestreadas en el presente ciclo, con el fin de evaluar la evolución de los niveles observados de estas sustancias. Incluir el análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares en las muestras obtenidas.
- Reanudar el monitoreo de plaguicidas en la columna líquida en áreas relacionados con fuentes potenciales de aporte y en sitios vinculados con los usos previstos del agua.
- Realizar ensayos de ecotoxicidad crónica con sedimentos de fondo del embalse Casa de Piedra (cola y toma) como complemento del análisis químico. Continuar con la evaluación de biomarcadores, en particular en la toma del embalse a fin de confirmar los resultados obtenidos en el presente ciclo.

En versión impresa hoja en blanco

ANEXO I

**METALES Y METALOIDES
EN COLUMNA DE AGUA**

En versión impresa hoja en blanco

Tabla I. 1. Estación: CL 0
 Descripción: río Barrancas altura puente

Latitud: S 36° 49' 04"

Longitud: O 69° 52' 14"

Año	Metal/metaloide (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2000										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
18/03	<5	<1	5	8	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/05	<5	<1	2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	8
24/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	3
07/10	<5	<1	23	5	<1	<1	<10	<5	<5	<2
25/11	<5	<1	25	10	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2003										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
28/04	<5	<1	10	<2	<1	<1	<10	<5	6	<2
09/06	<5	<1	7	3	<1	<1	<10	<5	6	<2
11/08	<5	<1	16	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
22/09	<5	<1	18	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
17/11	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2

MD: margen derecha

Tabla I. 2. Estación: CL 1
 Descripción: río Grande altura Bardas Blancas

Latitud: S 35° 51' 32"

Longitud: O 69° 48' 25"

Año	Metal/metaloide (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2000										
	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD
14/02	<10 <10	<1,5 <1,5	<20 <20	15 16	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
13/03	<10 <10	<1,5 <1,5	<20 <20	14 4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
15/05	- <10	- <1,5	- <20	8 7	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
07/08	<10 <10	<1,5 <1,5	33 27	8 5	<2 <2	1,4 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
25/09	- <10	- <1,5	- 24	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
06/11	- <10	- <1,5	- <20	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
2001										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
12/02	<5	<1	11	16	<1	<1	<10	<5	<5	<2
23/04	<5	<1	<10	3	<1	<1	<10	<5	7	<2
25/06	<5	<1	12	3	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/08	<5	<1	14	3	<1	<1	<10	<5	<5	4
29/10	<5	<1	9	2	<1	<1	<10	<5	<5	6
03/12	<5	<1	8	7	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2002										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
18/03	<5	<1	6	15	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/05	<5	<1	4	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
24/06	<5	<1	3	3	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/08	<5	<1	6	6	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/10	<5	<1	31	8	<1	<1	<10	<5	<5	<2
25/11	<5	<1	31	21	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2003										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
28/04	<5	<1	16	6	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/06	<5	<1	12	<2	<1	<1	<10	9	<5	<2
11/08	<5	<1	24	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
22/09	<5	<1	26	9	<1	<1	<10	7	<5	<2
17/11	<5	<1	<2	6	<1	<1	<10	<5	<5	<2

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla I. 3. Estación: CL 2

Latitud: S 37° 07' 27"

Longitud: O 69° 38' 51"

Descripción: río Colorado altura Buta Ranquil (Puente El Portón)

Año	Metal/metaloide (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2000										
	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD
14/02	<10 <10	<1,5 <1,5	38 40	36 40	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	10 12	<2 <2
13/03	<10 <10	<1,5 <1,5	57 <20	5 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
15/05	<10 <10	<1,5 <1,5	26 34	10 14	<2 <2	<1 <1	<10 <10	11 17	<7 <7	<2 <2
07/08	<10 <10	<1,5 <1,5	25 30	<4 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
25/09	- <10	- <1,5	- 23	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
06/11	- <10	- <1,5	- <20	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
2001										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
12/02	<5	<1	12	5	<1	<1	<10	<5	7	<2
23/04	<5	<1	<10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	3
25/06	<5	<1	<10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	3
13/08	<5	<1	13	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
29/10	<5	<1	9	3	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/12	<5	<1	14	11	<1	<1	<10	<5	<5	6
2002										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
18/03	<5	<1	11	18	<1	<1	<10	<5	<5	5
06/05	<5	<1	6	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
24/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	5	<5	<2
12/08	<5	<1	6	4	<1	<1	<10	<5	<5	4
07/10	<5	<1	32	11	<1	<1	<10	<5	<5	5
25/11	<5	<1	33	20	<1	<1	<10	9	<5	7
2003										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
28/04	<5	<1	15	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/06	<5	<1	12	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/08	<5	<1	23	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
22/09	<5	<1	21	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
17/11	<5	<1	<2	4	<1	<1	<10	<5	<5	<2

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla I. 4. Estación: CL 3
Descripción: río Colorado altura Desfiladero Bayo

Latitud: S 37° 21' 57"

Longitud: O 69° 00' 55"

Año	Metal/metaloide (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2000	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD
14/02	<10 <10	<1,5 <1,5	73 66	68 65	2 <2	<1 <1	<10 <10	12 <10	9 <7	<2 <2
13/03	<10 <10	<1,5 <1,5	<20 <20	<4 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
15/05	<10 <10	<1,5 <1,5	55 52	13 9	<2 <2	<1 <1	<10 <10	28 24	<7 <7	<2 <2
07/08	<10 <10	<1,5 <1,5	22 22	<4 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
25/09	- <10	- <1,5	- 22	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
06/11	- <10	- <1,5	- <20	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
2001	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
12/02	<5	<1	12	4	<1	<1	<10	<5	<5	<2
23/04	<5	<1	<10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	3
25/06	<5/<5 ⁽¹⁾	<1/<1	11/11	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	4/5
13/08	<5	<1	13	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
29/10	<5	<1	10	4	<1	<1	<10	<5	<5	4
03/12	<5	<1	19	16	<1	<1	<10	<5	<5	6
2002	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
18/03	<5	<1	43	40	1,5	<1	<10	11	7	3
06/05	<5	<1	14	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
24/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/08	<5	<1	5	4	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/10	<5	<1	35	12	<1	<1	<10	12	<5	9
25/11	<5	<1	33	21	2	<1	<10	15	<5	3
2003	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
28/04	<5	<1	15	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/06	<5	<1	11	<2	<1	<1	<10	7	<5	<2
11/08	<5	<1	22	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
22/09	<5	<1	21	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
17/11	<5	<1	<2	5	<1	<1	<10	<5	<5	<2

MI: margen izquierda – MD: margen derecha – (1) muestra duplicada

Tabla I. 5. Estación: CL 4
 Descripción: río Colorado altura Punto Unido

Latitud: S 37° 43' 32"

Longitud: O 67° 45' 47"

Año	Metal/metaloide (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2000										
	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD
14/02	<10 <10	<1,5 <1,5	28 28	22 19	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	10 <7	<2 <2
13/03	<10 <10	<1,5 <1,5	<20 <20	<4 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
15/05	<10 <10	<1,5 <1,5	<20 <20	<4 5	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
07/08	<10 <10	<1,5 <1,5	28 25	<4 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
25/09	<10 -	<1,5 -	22 -	<4 -	<2 -	<1 -	<10 -	- <10	<7 -	<2 -
06/11	<10 -	<1,5 -	<20 -	5 -	<2 -	<1 -	<10 -	- <10	<7 -	<2 -
2001										
	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI
12/02	<5	<1	12	5	<1	<1	<10	<5	<5	<2
23/04	<5	<1	<10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
25/06	<5	<1	11	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/08	<5	<1	13	<2	<1	<1	<10	<5	<5	6
29/10	<5	<1	10	6	<1	<1	<10	<5	<5	6
03/12	<5	<1	24	19	<1	<1	<10	8	<5	3
2002										
	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI
18/03	<5	<1	20	19	1,3	<1	<10	5	<5	<2
06/05	<5	<1	9	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
24/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/08	<5	<1	7	4	<1	<1	<10	<5	<5	9
07/10	<5	<1	34	10	<1	<1	<10	13	<5	4
25/11	<5	<1	31	17	<1	<1	<10	<5	<5	4
2003										
	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI
28/04	<5	<1	14	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/06	<5	<1	11	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/08	<5	<1	23	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
22/09	<5	<1	21	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
17/11	<5	<1	4	7	<1	<1	<10	<5	<5	<2

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla I. 6. Estación: CL 5
 Descripción: río Colorado altura Pasarela Medanito

Latitud: S 38° 01' 35"

Longitud: O 67° 52' 44"

Año	Metal/metaloide (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2000										
	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD
15/02	<10 <10	<1,5 <1,5	40 40	20 20	<2 <2	<1 <1	<10 <10	12 13	10 9	<2 <2
14/03	<10 <10	<1,5 <1,5	<20 <20	4 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
16/05	- <10	- <1,5	- <20	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	<2
08/08	<10 <10	<1,5 <1,5	28 32	<4 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
26/09	- <10	- <1,5	- 22	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
07/11	- <10	- <1,5	- <20	- 7	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
2001										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
13/02 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	13/13	5/6	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
24/04	<5	<1	<10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	4
26/06	<5	<1	11	<2	<1	<1	<10	<5	<5	3
14/08	<5	<1	13	<2	<1	<1	<10	<5	<5	4
30/10	<5	<1	12	6	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/12	<5	<1	30	23	<1	<1	<10	6	5	3
2002										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
19/03	<5	<1	21	20	<1	<1	<10	14	17	7
07/05	<5	<1	10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
25/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/08	<5	<1	7	3	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/10	<5	<1	28	4	<1	<1	<10	<5	<5	<2
26/11 ⁽²⁾	<5	<1	36/34/37	19/21/21	<1/<1/<1	<1/<1/<1	<10/<10/<10	7/8/11	<5/<5/<5	3/<2/5
2003										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
28/04 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	15/15	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
10/06 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	12/12	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
12/08 ⁽²⁾	<5/<5/<5	<1/<1/<1	24/24/23	<2/<2/<2	<1/<1/<1	<1/<1/<1	<10/<10/<10	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<2/<2/<2
23/09 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	22/22	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
18/11 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	<2/<2	5/8	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2

MI: margen izquierda – MD: margen derecha – ⁽¹⁾ muestra duplicada – ⁽²⁾ muestra triplicada

Tabla I. 7. Estación: CL 6

Latitud: S 38° 12' 55"

Longitud: O 67° 11' 04"

Descripción: descarga embalse Casa de Piedra

Año	Metal/metaloide (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2000										
	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD	MI MD
15/02	<10 <10	<1,5 <1,5	<20 <20	<4 <4	2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
14/03	<10 <10	<1,5 <1,5	<20 <20	<4 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
16/05	- <10	- <1,5	- <20	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
08/08	<10 <10	<1,5 <1,5	<20 <20	<4 <4	<2 <2	<1 <1	<10 <10	<10 <10	<7 <7	<2 <2
26/09	- <10	- <1,5	- 26	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
07/11	- <10	- <1,5	- <20	- <4	- <2	- <1	- <10	- <10	- <7	- <2
2001										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
13/02	<5	<1	11	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
24/04	<5	<1	<10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
26/06	<5	<1	11	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
14/08	<5	<1	12	<2	<1	<1	<10	<5	<5	3
30/10	<5	<1	9	<2	<1	<1	<10	<5	<5	5
04/12	<5	<1	8	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2002										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
19/03	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	4
07/05	<5	<1	4	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
25/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/08	<5	<1	5	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/10	<5	<1	29	2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
26/11	<5	<1	29	3	<1	<1	<10	7	<5	5
2003										
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
29/04	<5	<1	14	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/06	<5	<1	10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	3
12/08	<5	<1	24	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
23/09	<5	<1	26	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
18/11	<5	<1	<2	2	<1	<1	<10	<5	<5	<2

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla I. 8. Estación: CL 7
 Descripción: río Colorado altura La Adela

Latitud: S 38° 59' 14"

Longitud: O 64° 05' 32"

Año	Metal/metaloide (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2000	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
16/02	<10	<1,5	<20	<4	<2	<1	<10	<10	<7	<2
15/03	<10	<1,5	<20	<4	<2	<1	<10	<10	<7	<2
17/05	<10	<1,5	<20	<4	<2	<1	<10	<10	<7	<2
09/08	<10	<1,5	21	<4	<2	<1	<10	<10	<7	<2
27/09	<10	<1,5	24	<4	<2	<1	<10	<10	<7	<2
08/11	<10	<1,5	<20	<4	<2	<1	<10	<10	<7	<2
2001	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
14/02	<5	<1	11	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
25/04	<5	<1	<10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
27/06	<5	<1	12	<2	<1	<1	<10	<5	<5	5
16/08 ⁽¹⁾	<5	<1	14/13	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	7/2
31/10 ⁽²⁾	<5	<1	10/10/10	<2/<2/<2	<1/<1/<1	<1/<1/<1	<10/<10/<10	<5/<5/<5	<5/<5/<5	5/4/<2
03/12	<5	<1	9	2	<1	<1	<10	<5	<5	6
2002	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
19/03 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	<2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	3/4
07/05 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	16/15	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	3/<2
25/06 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	8/5	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
13/08 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	6/4	2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	5/<2
08/10 ⁽¹⁾	<5/<5	<1/<1	30/31	2/5	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	2/<2
26/11	<5	<1	32	4	<1	<1	<10	6	<5	<2
2003	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
30/04	<5	<1	15	<2	<1	<1	<10	<5	<5	3
11/06	<5	<1	10	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/08	<5	<1	24	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
24/09	<5	<1	26	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
19/11	<5	<1	<2	3	<1	<1	<10	<5	<5	<2

MD: margen derecha – ⁽¹⁾ muestra duplicada – ⁽²⁾ muestra triplicada

ANEXO II

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES EN COLUMNA DE AGUA

En versión impresa hoja en blanco

Tabla II. 1. Estación: CL 0
 Descripción: río Barrancas altura puente – Margen derecha

Latitud: S 36° 49' 04"

Longitud: O 69° 52' 14"

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002										
18/03	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
28/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
09/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
11/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
22/09	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
17/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Estación CL0 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002									
18/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,013	0,012
25/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
28/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
22/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,013	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,012	<0,005

Benzo[b+k]fluoranteno: suma de los isómeros Benzo[b]fluoranteno y Benzo[k]fluoranteno no resueltos.

Tabla II. 2. Estación: CL 1
 Descripción: río Grande altura Bardas Blancas – Margen derecha

Latitud: S 35° 51' 32"

Longitud: O 69° 48' 25"

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,13 (*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,016(*)		0,02	0,01	0,02	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,017(*)		<0,01	0,01	0,03	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,015(*)		<0,01	0,01	0,03	0,04
					(*) Fenantreno + antraceno					
2001										
12/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
23/04	-	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
25/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
13/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
29/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
03/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
2002										
18/03	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
28/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
09/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
11/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
22/09	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
17/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Estación CI 1 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2001									
12/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
23/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
29/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
03/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2002									
18/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,028	0,020
25/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
28/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
22/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Benzo[b+k]fluoranteno: suma de los isómeros Benzo[b]fluoranteno y Benzo[k]fluoranteno no resueltos.

Tabla II. 3. Estación: CL 2

Latitud: S 37° 07' 27"

Longitud: O 69° 38' 51"

Descripción: río Colorado altura Buta Ranquil (Puente El Portón) – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,016(*)		0,02	0,01	0,024	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,011(*)		<0,01	<0,01	0,011	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01 (*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,013(*)		<0,01	<0,01	0,032	0,031
					(*) Fenantreno + Antraceno					
2001										
12/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
23/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
25/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
13/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
29/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
03/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
2002										
18/03	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,014	<0,005	<0,005
06/05	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
28/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
09/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
11/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
22/09	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
17/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Estación CL 2 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno	
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
2001										
12/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
23/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
25/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
13/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
29/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
03/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
2002										
18/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
06/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
24/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
25/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
2003										
28/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
11/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
22/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	

Benzo[b+k]fluoranteno: suma de los isómeros Benzo[b]fluoranteno y Benzo[k]fluoranteno no resueltos.

Tabla II. 4. Estación: CL 3

Latitud: S 37° 21' 57"

Longitud: O 69° 00' 55"

Descripción: río Colorado altura Desfiladero Bayo – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	0,012	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,011(*)		<0,01	<0,01	0,038	0,029
					(*) Fenantreno + Antraceno					
2001										
12/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
23/04	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,04	<0,01	<0,02	<0,05	0,07	<0,05
25/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
13/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
29/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
03/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
2002										
18/03	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,018	0,046	<0,005	<0,005
06/05	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
28/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
09/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
11/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
22/09	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
17/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Estación CL 3 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno	
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2001										
12/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
23/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01
25/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
29/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
03/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2002										
18/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
28/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
22/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Benzo[b+k]fluoranteno: suma de los isómeros Benzo[b]fluoranteno y Benzo[k]fluoranteno no resueltos.

Tabla II. 5. Estación: CL 4

Latitud: S 37° 43' 32"

Longitud: O 67° 45' 47"

Descripción: río Colorado altura Punto Unido – Margen izquierda

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,29 (*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,015(*)		<0,01	0,011	0,041	0,045
					(*) Fenantreno + Antraceno					
2001										
12/02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
23/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
25/06	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
13/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
29/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
03/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
2002										
18/03	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
29/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
09/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
12/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
22/09	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
17/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Estación CL 4 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,011	<0,01	<0,01	<0,01
2001									
12/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
23/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
29/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
03/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2002									
18/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
29/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
22/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Benzo[b+k]fluoranteno: suma de los isómeros Benzo[b]fluoranteno y Benzo[k]fluoranteno no resueltos.

Tabla II. 6. Estación: CL 5

Latitud: S 38° 01' 35"

Longitud: O 67° 52' 44"

Descripción: río Colorado altura Pasarela Medanito – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014(*)		<0,01	<0,01	0,039	0,038
					(*) Fenantreno + Antraceno					
2001										
13/02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
24/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
26/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
14/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
30/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
04/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
2002										
19/03	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,011	<0,005	<0,005
07/05	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/10	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
29/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,018	0,046	<0,02	<0,02
10/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
12/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
23/09	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
18/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Estación CL 5 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2001									
13/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
24/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
26/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
14/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
30/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
04/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2002									
19/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,022	0,017
26/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
29/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
10/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
23/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
18/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Benzo[b+k]fluoranteno: suma de los isómeros Benzo[b]fluoranteno y Benzo[k]fluoranteno no resueltos.

Estación CL 5 (continuación – réplicas)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2003										
29/04 ⁽¹⁾	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
10/06 ⁽¹⁾	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
12/08 ⁽²⁾	0,026/<0,01	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,01/<0,01	<0,02/<0,01	<0,02/<0,02	<0,02/<0,02
23/09 ⁽¹⁾	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
18/11 ⁽¹⁾	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

⁽¹⁾ duplicado -- ⁽²⁾ duplicado y triplicado

Estación CL 5 (continuación – réplicas)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno	
2003										
29/04 ⁽¹⁾	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
10/06 ⁽¹⁾	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
12/08 ⁽²⁾	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	
23/09 ⁽¹⁾	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
18/11 ⁽¹⁾	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	

⁽¹⁾ duplicado -- ⁽²⁾ duplicado y triplicado

Tabla II. 7. Estación: CL 6

Latitud: S 38° 12' 55"

Longitud: O 67° 11' 04"

Descripción: descarga embalse Casa de Piedra – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
					(*) Fenantreno + Antraceno					
2001										
13/02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
24/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
26/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
14/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
30/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
04/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
2002										
19/03	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/05	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/10	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
29/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
10/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
12/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
23/09	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
18/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Estación CL 6 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2001									
13/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
24/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
26/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
14/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
30/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
04/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2002									
19/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
29/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
10/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
23/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
18/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Benzo[b+k]fluoranteno: suma de los isómeros Benzo[b]fluoranteno y Benzo[k]fluoranteno no resueltos.

Tabla II. 8. Estación: CL 7

Latitud: S 38° 59' 14"

Longitud: O 64° 05' 32"

Descripción: río Colorado altura La Adela – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
					(*) Fenantreno + Antraceno					
2001										
14/02	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
25/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
27/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
16/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
31/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
05/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05
2002										
20/03	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/05	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/10	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
27/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
30/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
11/06	0,012	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
13/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
24/09	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
19/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Estación CL 7 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,15	<0,01
13/03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
15/05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,26	<0,01	<0,01	<0,01
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2001									
12/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
23/04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
25/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
29/10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
03/12	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2002									
20/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
27/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
30/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
19/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Benzo[b+k]fluoranteno: suma de los isómeros Benzo[b]fluoranteno y Benzo[k]fluoranteno no resueltos.

En versión impresa hoja en blanco

ANEXO III

ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS CON AGUA

En versión impresa hoja en blanco

Tabla III.1 Ensayos de ecotoxicidad crónica con muestras de agua extraídas en diferentes sitios del río Colorado en el período 1999-2003, empleando *Daphnia magna* como organismo de ensayo.

Estación	1999-2000			2001			2002			2003		
	Fecha	S	R	Fecha	S	R	Fecha	S	R	Fecha	S	R
CL 3 (Desfiladero Bayo)	27-09-99	(-)	(-)	22-08-01	(-)	(-)	12-08-02	(-)	(-)	22-09-03	(-)	(-)
	15-11-99	(-)	(-)	03-12-01	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
	15-02-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16-03-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15-05-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	07-08-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CL 4 (Punto Unido)	27-09-99	(-)	(-)	22-08-01	(-)	(+)	12-08-02	(-)	(-)	22-09-03	(-)	(-)
	15-11-99	(-)	(-)	03-12-01	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
	15-02-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16-03-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15-05-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	07-08-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CL 7 (La Adela)	29-09-99	(-)	(-)	23-08-01	(-)	(+)	14-08-02	(-)	(-)	24-09-03	(-)	(-)
	16-11-99	(-)	(-)	05-12-01	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
	16-02-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16-03-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18-05-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-08-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

S: supervivencia; (-) no significativamente diferente de los controles (Test exacto de Fischer, $\alpha = 0,05$).

R: tasa neta de reproducción; (-) no significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $\alpha = 0,05$); (+) significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $\alpha = 0,05$)

En versión impresa hoja en blanco

ANEXO IV

**METALES Y METALOIDES EN
SEDIMENTOS DE FONDO**

En versión impresa hoja en blanco

Tabla IV. I. Metales/metaloideos ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra (años 2000, 2002 y 2003)

Metal/metaloide ($\mu\text{g/g}$)	Año		
	2000	2002	2003
Arsénico	2,6	7,6	12
Bario	120	223	247
Boro	9,7	33	38
Cadmio	1,2	1,5	2,1
Cinc	28	73	89
Cobre	17	37	53
Cromo	6	25	35
Mercurio	0,07	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1
Níquel	6,7	24	25
Plata	<1	<1	<1
Plomo	4,8	13	11
Selenio	<1	1,1	1,3
Vanadio	41	89	104

Tabla IV. II. Metales/metaloideos ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (años 2000, 2002 y 2003)

Metal/metaloide ($\mu\text{g/g}$)	Año		
	2000	2002	2003
Arsénico	4,6	9,6	4,8
Bario	140	247	87
Boro	18	34	8,3
Cadmio	1,8	1,9	0,9
Cinc	40	92	29
Cobre	26	48	20
Cromo	8,5	25	12
Mercurio	0,15	0,09	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1
Níquel	8,6	32	10
Plata	<1	<1	<1
Plomo	8,2	19	4,0
Selenio	<1	1,4	0,6
Vanadio	49	146	53

Tabla IV. III. Metales/metaloideos ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo del embalse Casa de Piedra a la altura de Gobernador Duval (años 2002 y 2003)

Metal/metaloide ($\mu\text{g/g}$)	Año	
	2002	2003
Arsénico	5	3,4
Bario	209	416
Boro	19	34
Cadmio	1	3,3
Cinc	49	100
Cobre	17	37
Cromo	14	44
Mercurio	0,09	<0,05
Molibdeno	<1	<1
Níquel	15	20
Plata	<1	<1
Plomo	7,8	6,1
Selenio	0,7	1,6
Vanadio	75	187

ANEXO V

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES EN SEDIMENTOS DE FONDO

En versión impresa hoja en blanco

Tabla V. I. HAPs ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra (años 2000, 2002 y 2003)

Hidrocarburo ($\mu\text{g/g}$)	Año		
	2000	2002	2003
Naftaleno	<0,010	<0,010	<0,010
Acenafteno	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaftileno	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoreno	<0,010	<0,010	<0,010
Fenantreno	<0,010	0,010	0,023
Antraceno	<0,010	<0,010	<0,010
Metil naftaleno	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetil naftaleno	<0,030	<0,030	<0,030
Metil fenantreno	<0,030	<0,030	0,071
Dimetil fenantreno	<0,010	<0,010	0,067
Fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010
Pireno	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[b]fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[k]fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010
Criseno	<0,010	0,010	0,019
Benzo[a]antraceno	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[a]pireno	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[ghi]Perileno	<0,010	<0,010	<0,010
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<0,010	<0,010	<0,010

Límites de cuantificación del método: 0,010 $\mu\text{g/g}$, a excepción de metilnaftalenos (0,020 $\mu\text{g/g}$) y dimetilnaftalenos, metilfenantrenos y dimetilfenantrenos (0,030 $\mu\text{g/g}$)

Tabla V. 2. HAPs ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (años 2000, 2002 y 2003)

Hidrocarburo ($\mu\text{g/g}$)	Año		
	2000	2002	2003
Naftaleno	0,043	<0,010	<0,010
Acenafteno	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaftileno	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoreno	<0,010	<0,010	<0,010
Fenantreno	<0,010	<0,010	<0,010
Antraceno	<0,010	<0,010	<0,010
Metil naftaleno	<0,020	<0,020	<0,020
Dimetil naftaleno	<0,030	0,090	0,064
Metil fenantreno	<0,030	<0,030	<0,030
Dimetil fenantreno	<0,030	<0,030	<0,030
Fluoranteno	<0,010	<0,010	0,014
Pireno	<0,010	<0,010	0,012
Benzo[b]fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[k]fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010
Criseno	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[a]antraceno	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[a]pireno	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[ghij]Perileno	<0,010	<0,010	<0,010
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<0,010	<0,010	<0,010

Límites de cuantificación del método: 0,010 $\mu\text{g/g}$, a excepción de metilnaftalenos (0,020 $\mu\text{g/g}$) y dimetilnaftalenos, metilfenantrenos y dimetilfenantrenos (0,030 $\mu\text{g/g}$)

Tabla V. 3. HAPs ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo del embalse Casa de Piedra a la altura de Gobernador Duval (años 2002 y 2003)

Hidrocarburo ($\mu\text{g/g}$)	Año	
	2002	2003
Naftaleno	<0,010	<0,010
Acenafteno	<0,010	<0,010
Acenaftileno	<0,010	<0,010
Fluoreno	<0,010	<0,010
Fenantreno	<0,010	<0,010
Antraceno	<0,010	<0,010
Metil naftaleno	<0,020	<0,020
Dimetil naftaleno	<0,030	<0,030
Metil fenantreno	<0,030	<0,030
Dimetil fenantreno	<0,030	<0,030
Fluoranteno	<0,010	<0,010
Pireno	<0,010	<0,010
Benzo[b]fluoranteno	<0,010	<0,010
Benzo[k]fluoranteno	<0,010	<0,010
Criseno	<0,010	<0,010
Benzo[a]antraceno	<0,010	<0,010
Benzo[a]pireno	<0,010	<0,010
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,010	<0,010
Benzo[ghi]perileno	<0,010	<0,010
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<0,010	<0,010

Límites de cuantificación del método: 0,010 $\mu\text{g/g}$, a excepción de metilnaftalenos (0,020 $\mu\text{g/g}$) y dimetilnaftalenos, metilfenantrenos y dimetilfenantrenos (0,030 $\mu\text{g/g}$)

En versión impresa hoja en blanco

ANEXO VI

**ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS CON
SEDIMENTOS DE FONDO**

En versión impresa hoja en blanco

Tabla VI. 1. Ensayos de ecotoxicidad crónica con muestras de sedimentos de fondo extraídas en diferentes sitios del río Colorado y del embalse Casa de Piedra en el período 1999-2003, empleando *Hyalella curvispina* como organismo de prueba.

Estación	1999-2000			2001			2002			2003		
	Fecha	M	L	Fecha	M	L	Fecha	M	L	Fecha	M	L
Río Colorado, aguas abajo Puesto Hernández	15-11-99	(-)	(-)	11-09-01	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
	15-02-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15-05-00	(+)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	07-08-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cola embalse Casa de Piedra	16-11-99	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	08-09-03	(-)	(-)
	16-02-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18-05-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-08-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toma embalse Casa de Piedra	-	-	-	13-09-01	(-)	(-)	-	-	-	08-09-03	(-)	(-)

M: mortalidad (%); L: longitud total (mm); (-) no significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $p \leq 0,05$); (+) significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $p \leq 0,05$)

Tabla VI. 2. Ensayos de ecotoxicidad crónica con muestras de sedimentos de fondo extraídas en diferentes sitios del río Colorado y del embalse Casa de Piedra en el período 2001-2003, empleando *Vallisneria spiralis* como organismo de prueba.

ESTACIÓN	2001			2003		
	Fecha	H N	Cl a	Fecha	H N	Cl a
Río Colorado, aguas abajo Puesto Hernández	11-09-01	(-)	(-)	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Cola embalse Casa de Piedra	-	-	-	08-09-03	(-)	(-)
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Toma embalse Casa de Piedra	13-09-01	(-)	(-)	08-09-03	(-)	(-)

H N: proporción de hojas nuevas (%); Cl a: contenido en clorofila a (mg/g peso fresco); (-) no significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, $p \leq 0,05$);

ANEXO VII

**METALES Y METALOIDES EN
MÚSCULO DE PECES**

En versión impresa hoja en blanco

Tabla VII.1 Metales y metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) en músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (Desfiladero Bayo) (Años 2000, 2001, 2002 y 2003)

Año/Especie	n	Metal/metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo)													
		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
2000															
Perca bocona	2	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	5,7	<0,5	<0,5	3,6	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,1
Perquita espinuda	7	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	5,1	<0,5	<0,5	3,5	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,8
Bagre otuno	1	<0,2	0,11	0,2	0,11	7,2	<0,5	<0,5	5,4	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	2,7
2001															
Perquita espinuda	15	<0,2	<0,2	0,19	<0,1	9,1	<0,3	<0,2	9,9	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	10	0,9
Perca bocona	1	<0,2	<0,2	1,0	<0,1	16,0	<0,3	<0,2	20	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	0,3	1,1
2002															
Perquita espinuda	6	0,2	0,3	0,9	<0,1	12,4	2,1	4,0	6,3	<0,05	<0,2	1,8	<0,3	<0,15	<0,4
2003															
Perquita espinuda	22	<0,2	<0,2	0,2	<0,1	4,2	1,1	<0,2	46	<0,05	<0,2	1,1	<0,3	<0,15	<0,4
Pejerrey bonaerense	9	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	7,5	0,6	0,6	14	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Bagre otuno	2	<0,2	<0,2	0,3	<0,1	4,8	1,2	0,6	36	<0,05	<0,2	0,8	<0,3	<0,15	<0,4

Tabla VII. 2. Metales y metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) en músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el embalse Casa de Piedra (cola) (Años 2000, 2001, 2002 y 2003)

Año/Especie	n	Metal/metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo)													
		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
2000															
Pejerrey bonaerense	23	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	4,7	<0,5	<0,5	1,0	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,0
Carpa	22	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	4,4	<0,5	<0,5	5,4	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,9
Perca bocona	7	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	3,1	<0,5	<0,5	4,8	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,4
Trucha arco iris	1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	3,3	<0,5	<0,5	3,1	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	2,7
2001															
Pejerrey bonaerense	20	<0,2	<0,2	0,11	<0,1	5,6	<0,3	<0,2	11	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	0,5
Carpa	1	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	6,2	<0,3	<0,2	9,3	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	0,8	0,5
2002															
Pejerrey bonaerense	22	<0,2	<0,2	0,7	<0,1	12,0	2,1	<0,2	18	<0,05	<0,2	2,0	<0,3	<0,15	0,7
Carpa	7	<0,2	<0,2	0,5	<0,1	12,7	1,8	0,7	48	<0,05	<0,2	1,9	<0,3	<0,15	1,0
Perca bocona	1	<0,2	<0,2	0,7	<0,1	2,6	1,7	<0,2	4,0	<0,05	<0,2	1,9	<0,3	<0,15	<0,4
2003															
Pejerrey bonaerense	20	<0,2	<0,2	0,2	<0,1	13,0	1,7	0,7	9,0	<0,05	<0,2	0,6	<0,3	<0,15	<0,4
Carpa	2	<0,2	<0,2	0,3	<0,1	6,6	1,3	0,5	45	0,38	<0,2	0,6	<0,3	<0,15	<0,4

ANEXO VIII

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES EN MÚSCULO DE PECES

En versión impresa hoja en blanco

Tabla VIII.1. HAPs en músculo dorsal de diferentes especies de peces ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) capturadas en el río Colorado (Desfiladero Bayo) (Años 2000, 2001, 2002 y 2003)

Año/Especie	n	Hidrocarburos aromáticos polinucleares ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo)									
		Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000											
Perca bocona	2	0,017	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
Perquita espinuda	7	0,344	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0475	0,0206	0,0659	0,0902	<0,040
Bagre otuno	1	0,344	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0475	0,0206	0,0659	0,0902	<0,040
2001											
Perquita espinuda	15	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
Perca bocona	1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
2002											
Perquita espinuda	6	0,0181	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,022	0,023	<0,040	<0,040	<0,040
Pejerrey bonaerense	22	0,241	<0,010	<0,010	<0,010	0,027	<0,010	0,030	<0,040	<0,040	<0,040
2003											
Perquita espinuda	22	0,239	<0,010	0,013	0,017	0,122	0,013	0,049	0,059	0,083	<0,040
Pejerrey bonaerense	9	0,500	<0,010	<0,010	0,019	0,112	<0,010	0,102	0,094	0,077	<0,040
Bagre otuno	2	0,203	<0,010	<0,010	0,026	0,195	0,013	0,052	0,083	0,137	0,060

Tabla VIII.1 (continuación)

Año/Especie	n	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/g, peso húmedo)									
		Fluoranteno	Pireno	Benzo[b] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
2000											
Perca bocona	2	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perquita espinuda	7	<0,010	0,090	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Bagre otuno	1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2001											
Perquita espinuda	15	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perca bocona	1	<0,010	0,090	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2002											
Perquita espinuda	6	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Pejerrey bonaerense	22	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2003											
Perquita espinuda	22	0,018	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Pejerrey bonaerense	9	0,015	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,010	<0,010	<0,010
Bagre otuno	2	0,030	0,016	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Tabla VIII.2. HAPs en músculo dorsal de diferentes especies de peces ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) capturadas en el embalse Casa de Piedra (cola) (Años 2000, 2001, 2002 y 2003)

Año/Especie	n	Hidrocarburos aromáticos polinucleares ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo)									
		Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000											
Pejerrey bonaerense	23	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
Carpa	22	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
Perca bocona	7	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
Trucha arco iris	1	0,0289	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
2001											
Pejerrey bonaerense	20	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
Carpa	1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
2002											
Carpa	22	0,044	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
Perca bocona	1	0,099	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,011	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
2003											
Pejerrey bonaerense	20	0,209	<0,010	<0,010	0,012	0,072	<0,010	0,041	0,048	0,053	<0,040
Carpa	2	0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,025	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040

Tabla VIII.2 (continuación)

Año/Especie	n	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/g, peso húmedo)									
		Fluoranteno	Pireno	Benzo[k] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
2000											
Pejerrey bonaerense	23	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Carpa	22	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perca bocona	7	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Trucha arco iris	1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2001											
Pejerrey bonaerense	20	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Carpa	1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2002											
Carpa	22	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Perca bocona	1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2003											
Pejerrey bonaerense	20	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Carpa	2	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

GLOSARIO

Agua ultrapura Tipo I ASTM: agua preparada por destilación, tratada por medio de una mezcla de resinas de intercambio iónico de manera que tenga una conductividad final máxima de 0,056 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y filtrada a través de una membrana de 0,2 μm de diámetro de poro. Este tipo de agua es utilizado en aplicaciones que requieren mínimas interferencias y máxima precisión y exactitud. Éstas incluyen, entre otras, espectrofotometría de absorción atómica y de emisión de llama, análisis de metales traza, preparación de soluciones estándar y soluciones *buffer*.

Agua Tipo IV ASTM: agua preparada por destilación, intercambio iónico u ósmosis inversa y con una conductividad final máxima de 5,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Analito: sustancia específica a ser determinada en un ensayo o análisis.

Anfípodo: artrópodo caracterizado por tener sus apéndices locomotores iguales.

ANOVA: *Analysis of Variance* (Análisis de la Varianza). El análisis de la varianza de una vía es una prueba estadística que permite comparar varios grupos de observaciones, todas las cuales son independientes entre sí y posiblemente tienen una media diferente para cada grupo. Permite decidir si las medias son iguales o no.

ASTM: *American Society for Testing and Materials*.

Bentónico: perteneciente al bentos.

Bentos: todos los organismos que viven en el fondo de un cuerpo de agua, ya sea en la superficie del mismo (epibentos) o bien enterrados en el sedimento (endobentos). Pueden ser vegetales (fitobentos) o animales (zoobentos).

Biodisponible: fracción del total de una sustancia química presente en el ambiente circundante que puede ser incorporada por organismos. El ambiente incluye agua, sedimentos de fondo, partículas suspendidas y alimentos.

Biomarcador: cambio inducido por un contaminante en los componentes bioquímicos o celulares de un proceso, estructura o función, el cual puede ser medido en un sistema biológico. El empleo de biomarcadores se basa en el concepto de que la toxicidad primaria de un contaminante generalmente se manifiesta a niveles bioquímicos y moleculares (cambios en actividades enzimáticas, ADN, etc.) y más tarde a niveles de organela, célula, tejido, organismo y eventualmente población.

Biota: conjunto de organismos (animales o vegetales) que viven en un área determinada.

Blanco de campo: blanco preparado con agua ultrapura (Tipo I ASTM) de calidad verificada, envasado en campo en un recipiente del mismo lote que va a ser utilizado para las muestras. Es sometido a los mismos procedimientos de preservación, condiciones y tiempo de almacenamiento que las muestras. Su objetivo es poner de manifiesto cualquier anomalía que pueda existir en el procedimiento de limpieza de los envases, introducción de contaminantes en la muestra por los conservantes (ácidos), manipulación de los envases en campo para la extracción y preservación de la muestra.

Blanco de campo adicionado: se prepara en campo adicionando una cantidad conocida de un estándar (trazable al Sistema Internacional de Unidades, SI) de la sustancia en estudio a un blanco de agua ultrapura (Tipo I ASTM), preparado de igual manera que el blanco de campo. Indica la recuperación de la sustancia adicionada en el análisis de laboratorio excluyendo los efectos de la matriz (producido por sustancias o materiales presentes en la muestra diferentes del analito a medir). Si se analizan réplicas del blanco adicionado, se obtiene además un indicio de la precisión general que puede estar afectada por las operaciones de campo y analíticas.

Columna de agua: masa de agua comprendida entre la superficie y el fondo. Incluye los sólidos en suspensión.

Control de Calidad: técnicas operativas y actividades que son empleadas para cumplir con los requisitos de la calidad.

Corer: tubo de acrílico empleado para el muestreo de sedimentos de fondo. Permite extraer testigos que posibilitan el estudio de diferentes estratos.

Cromatografía en fase gaseosa: técnica analítica para la separación y cuantificación de sustancias químicas basada en las diferencias en la partición de las mismas entre una fase móvil (transportada en un flujo de gas) y otra estacionaria (contenida en un soporte empaquetado en una columna de gran longitud y pequeño diámetro, por la cual circula el flujo de gas). Una vez separadas las sustancias son identificadas mediante un detector, del cual existen diferentes tipos, entre ellos el de espectrometría de masas.

Crustáceo: artrópodos mandibulados de respiración branquial, poseen dos pares de antenas y presentan el cuerpo cubierto generalmente por un caparazón calcáreo, la cabeza y el tórax soldados formando un cefalotórax y las patas dispuestas unas para la prensión y otras para la locomoción.

Draga Eckman: dispositivo de acero inoxidable constituido por una caja que posee dos quijadas del mismo material en su parte inferior, que permiten el cierre para retener los sedimentos de fondo extraídos y la apertura para la descarga, homogeneizado y envasado de los mismos. La draga es operada desde una embarcación y el cierre es comandado desde la superficie mediante un mensajero (peso) que se deja caer guiado por el cable de acero que sujeta a la draga. Existen otros tipos de dragas empleadas con el mismo fin.

Elutriación: se designa con este término a la reducción de la concentración de una impureza de un sólido, mediante lavados repetidos.

Ensayos ecotoxicológicos: experimentos de laboratorio utilizados para evaluar los efectos tóxicos potenciales de muestras de agua o sedimentos de un cuerpo receptor sobre los organismos vivos. Los efectos se evalúan a través de la observación en poblaciones de los organismos de ensayo de variables establecidas (mortalidad, reproducción, crecimiento, etc.).

Ensayo ecotoxicológico agudo: ensayo en el cual el período de exposición es corto en relación con la duración del ciclo de vida del organismo de prueba.

Ensayo ecotoxicológico crónico: estudio crónico en el cual todos los estadios de la vida de un organismo son expuestos a un material en ensayo. Generalmente, un ensayo durante el ciclo de vida involucra el ciclo reproductivo completo del organismo. Un ensayo durante un ciclo de vida parcial incluye las partes del ciclo de vida que se han observado como especialmente sensibles a la exposición a una sustancia química.

Espectrometría de absorción atómica: técnica analítica basada en el empleo del espectro de absorción de átomos aislados para determinar concentraciones de elementos.

Espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo: técnica analítica basada en el empleo de plasma (gas neutro parcialmente ionizado). El gas empleado es el argón y la energía que lo mantiene en funcionamiento es transmitida inductivamente mediante una bobina por la que circula radiofrecuencia. La muestra en aerosol es introducida por medio de un inyector en la parte central del plasma, en la cual existen temperaturas muy elevadas. De esta manera, los elementos presentes en la muestra son ionizados y posteriormente analizados mediante un detector.

Espectrometría de masas: técnica analítica basada en el empleo del movimiento de iones en campos eléctricos y magnéticos para clasificarlos de acuerdo a su relación masa-carga. Por medio de esta técnica las sustancias químicas se identifican separando los iones gaseosos en campos eléctricos y magnéticos. La espectrometría de masas provee información cualitativa y cuantitativa sobre la composición atómica y molecular de materiales inorgánicos y orgánicos.

Estándar (de medición): estándares físicos o químicos empleados para propósitos de calibración o validación tales como: drogas de pureza establecida y sus correspondientes soluciones de concentración conocida, pesas patrón, etc. Los materiales de referencia son una categoría de estándares de medición.

Exactitud: concordancia entre un valor medido y el valor aceptado o "verdadero". Se expresa por el error porcentual (E%) que es el cociente de la diferencia entre el valor medido y el valor aceptado o "verdadero" y el valor verdadero, expresado como porcentaje.

Estándar trazable al Sistema Internacional de Unidades (SI): estándar cuyo valor puede ser relacionado al/los patrón/es correspondiente/s del Sistema Internacional de Unidades a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones.

Factor de cobertura (k): factor numérico usado como multiplicador de la incertidumbre estándar combinada para obtener la incertidumbre expandida para un determinado nivel de confianza. Habitualmente, para una distribución normal, se usa un factor de cobertura (k) = 2, para dar un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

Fracción recuperable total (metales): concentración de un metal obtenida por digestión ácida débil de la muestra. Esta fracción es considerada biodisponible.

Hidrocarburos alifáticos: familia de compuestos constituidos por carbono e hidrógeno que forman cadenas abiertas (lineales o ramificadas) o cerradas y que pueden presentar o no dobles enlaces entre carbonos.

Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs): grupo de sustancias químicas orgánicas que poseen una estructura formada por dos o más anillos bencénicos fusionados. Los anillos bencénicos están constituidos por cadenas hidrocarbonadas cerradas formando ciclos en los cuales se alternan uniones dobles y simples entre átomos de carbono vecinos. Los HAPs con dos a cinco anillos bencénicos son los de mayor significación ambiental y para la salud humana.

Incertidumbre de medición: parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mesurando.

Incertidumbre estándar (u): Incertidumbre del resultado de una medición expresada como desviación estándar.

Incertidumbre estándar combinada (u_c): Incertidumbre estándar del resultado de una medición cuando este resultado es obtenido a partir de los valores de otras magnitudes; se caracteriza por el valor numérico obtenido aplicando el método usual para la combinación de varianzas, de modo tal que la incertidumbre combinada y sus componentes se expresan en la forma de desviaciones estándar.

Incertidumbre expandida (U): incertidumbre estándar (incertidumbres estándar combinadas) multiplicadas por un factor de cobertura k para dar un nivel de confianza particular.

Límite de cuantificación del método (LCM): es la concentración por encima de la cual pueden obtenerse resultados cuantitativos con un nivel de confianza especificado.

Macrófita: planta vascular grande especialmente de un cuerpo de agua, enraizada o flotante.

Material de Referencia: un material o sustancia en la cual una o más de sus propiedades son suficientemente homogéneas y han sido bien establecidas como para ser usado para la calibración de un aparato, la evaluación de un método de medición o para la asignación de valores a materiales.

Material de referencia certificado: material de referencia, acompañado de su correspondiente certificado, del cual una o más de sus propiedades se establecen con valores certificados mediante un procedimiento, el cual establece su trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la cual los valores de la propiedad son expresados, y para los cuales cada valor certificado posee una incertidumbre asociada, definida con un nivel de confianza establecido.

Metal pesado: metales de densidad mayor que 4,5 g/cm³ y relativamente elevada masa atómica. El término también designa un grupo de metales que presentan marcada toxicidad para los organismos vivos. También se los denomina elementos traza.

Metales: grupos de elementos químicos cuyas propiedades son intermedias entre los metales y los no metales.

Muestra fortificada: muestra a la cual se le ha adicionado cantidades conocidas de los analitos de interés y que se emplea para medir los efectos que la matriz de la muestra puede tener sobre los métodos analíticos (usualmente sobre la recuperación del analito).

Monitoreo: observación periódica y sistemática de niveles de contaminantes en el ambiente.

Nivel de Efecto Probable: nivel por encima del cual se espera que ocurran frecuentemente efectos adversos.

Plancton: conjunto de organismos de pequeño tamaño (protozoarios y algas microscópicas) que viven en suspensión en las aguas (marinas o continentales) y constituyen los primeros eslabones de las cadenas tróficas.

Precisión: denota la concordancia entre los valores numéricos de dos o más mediciones realizadas sobre una misma muestra homogénea bajo las mismas condiciones. El término se emplea para describir la reproducibilidad de la medición o del método. Puede ser expresada mediante la desviación estándar.

Recuperación: habitualmente expresada como porcentaje (%R), mide la relación entre la concentración de una sustancia adicionada a una muestra y la concentración hallada por medio del análisis.

Réplica: es una muestra repetida de la matriz en estudio. Se obtiene por división de una muestra (dos o más veces) en alícuotas separadas. Tiene por objeto medir la precisión general de las operaciones de muestreo y de los métodos analíticos empleados.

Réplica adicionada: se prepara en idénticas condiciones que la anterior pero adicionándole una cantidad conocida de la sustancia en estudio. Mide la recuperación y la precisión general afectada por las operaciones de campo y analíticas más el efecto de la matriz.

Sedimentos: material fragmentado, que proviene de la meteorización de las rocas y que es transportado principalmente por el agua y el aire o es generado por otros procesos tales como la precipitación química o la excreción por organismos. El término se aplica usualmente al material en suspensión en agua o recientemente depositado del estado suspendido.

Sedimentos de fondo: sedimentos que constituyen el lecho de un cuerpo de agua corriente o estancado.

Sustancia tóxica: sustancia capaz de producir algún efecto nocivo en un sistema biológico, daño a sus funciones o la muerte. Desde el punto de vista de la preservación y utilización de los cuerpos de agua superficiales, se puede definir que una sustancia se vuelve tóxica cuando está presente en el medio ambiente acuático (columna líquida, sedimentos u organismos acuáticos) en concentraciones que interfieren con un uso deseable del recurso hídrico por su impacto negativo sobre la salud humana o sobre el ecosistema acuático.

Toxicidad aguda: efecto nocivo de un tóxico que se manifiesta luego de horas o días de exposición.

Toxicidad crónica: efecto que involucra un estímulo que se mantiene durante un tiempo prolongado (varias semanas a años), dependiendo del ciclo reproductivo de las especies acuáticas. Los efectos tóxicos crónicos se manifiestan por respuestas biológicas de progreso relativamente lento y larga duración.

Trazabilidad: propiedad del resultado de una medición o el valor de estándar por el cual el mismo puede ser relacionado a referencias establecidas, usualmente estándares nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones, a las cuales se les puede asignar una incertidumbre.

Valor guía: concentración numérica límite o enunciado narrativo recomendado para sostener y mantener un uso del agua determinado (o de otro compartimento del ambiente acuático, tal como sedimentos de fondo)

Zooplankton: animales (principalmente microscópicos) que flotan en la columna de agua (algunos pueden desplazarse pequeñas distancias en busca de alimento).

Bibliografía

- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2002, *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Introduction-*
Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 1993, *Guidance Manual on Sampling, Analysis, and Data Management for Contaminated Sites - Volume I: Main Report - Glossary - Report CCME EPC-NCS62E*
- CCREM (Canadian Council of Resources and Environment Ministers), 1986, *Canadian Water Quality Guidelines - Glossary*
- Cortada de Kohan, N., Carro, J.M., 1978, *Estadística Aplicada, séptima edición*, Editorial Universitaria de Buenos Aires, EUDEBA, Buenos Aires
- Gaskin, J. E., 1993, *Quality assurance in water quality monitoring - General Glossary - Ecosystem Science and Evaluation Directorate, Conservation and Protection Environment Canada, Ottawa, Ontario.*
- ISO), 1993, *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology.*
- Salas, H.J., Dos Santos, J.L., Fernícola, N., 1987, *Manual de Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales*, CEPIS, OPS, OMS.

En versión impresa hoja en blanco