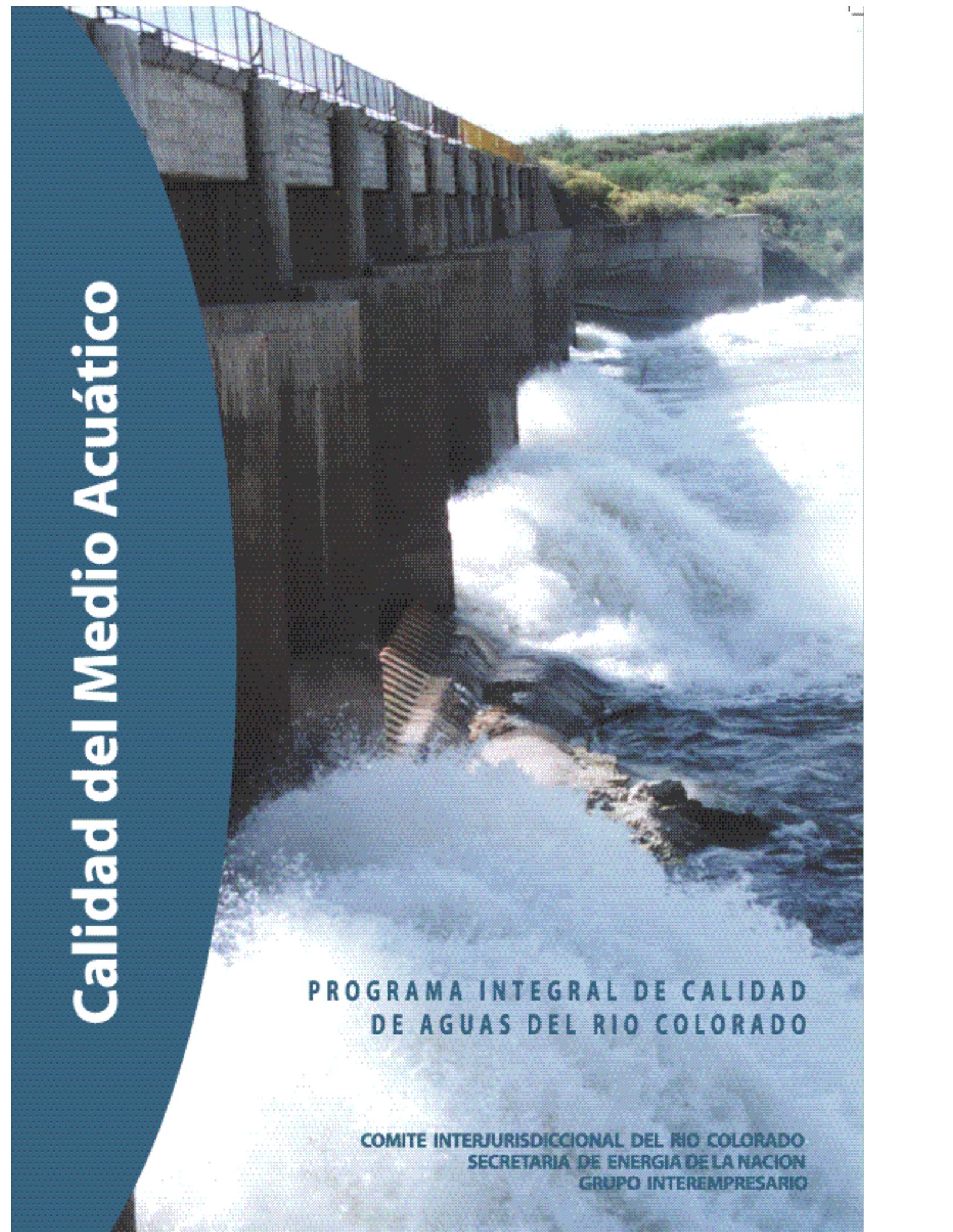


Calidad del Medio Acuático



**PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD
DE AGUAS DEL RIO COLORADO**

**COMITE INTERJURISDICCIONAL DEL RIO COLORADO
SECRETARIA DE ENERGIA DE LA NACION
GRUPO INTEREMPRESARIO**

Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO)

Consejo de Gobierno

Presidente:

Ministro del Interior

Dr. Aníbal Fernández

Integrantes:

Gobernador de la Provincia de Buenos Aires
Gobernador de la Provincia de La Pampa
Gobernador de la Provincia de Mendoza
Gobernador de la Provincia de Neuquén
Gobernador de la Provincia de Río Negro

Ing. Felipe Solá
Ing. Carlos Alberto Verna
Ing. Julio Cobos
Don Jorge Sobisch
Dr. Miguel Angel Saiz

Comité Ejecutivo

Presidente:

Representante de la Nación Dr. Juan J. Pico

Representantes Provinciales Titulares y Alternos

Buenos Aires

Ing. Miguel Angel Gutiérrez, Dr. José Luis Enriquez

La Pampa

Lic. H. Walter Cazenave, Ing. Miguel A. Boyero

Mendoza

Ing. Néstor E. Arias, Ing. Carlos A. Santilli

Neuquén

Ing. Eduardo A. Vidal, 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
Subsecretario de Combustibles

Ing. Daniel O. Cameron
Lic. Cristian A. Folgar

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

Petrobrás Energía
Repsol YPF Unidad de Negocio Argentina Oeste



**PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE
AGUAS DEL RÍO COLORADO
Año 2003
Evaluación Período 2000-2003**

Subprograma Calidad del Medio Acuático

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

Se autoriza la utilización de la información que contiene, siempre que se cite la fuente.
Fotografía de tapa: Obra Dique Derivador Salto Andersen, ubicada en la cuenca media del río Colorado (Provincias de La Pampa y Río Negro), Centro Documentación COIRCO.

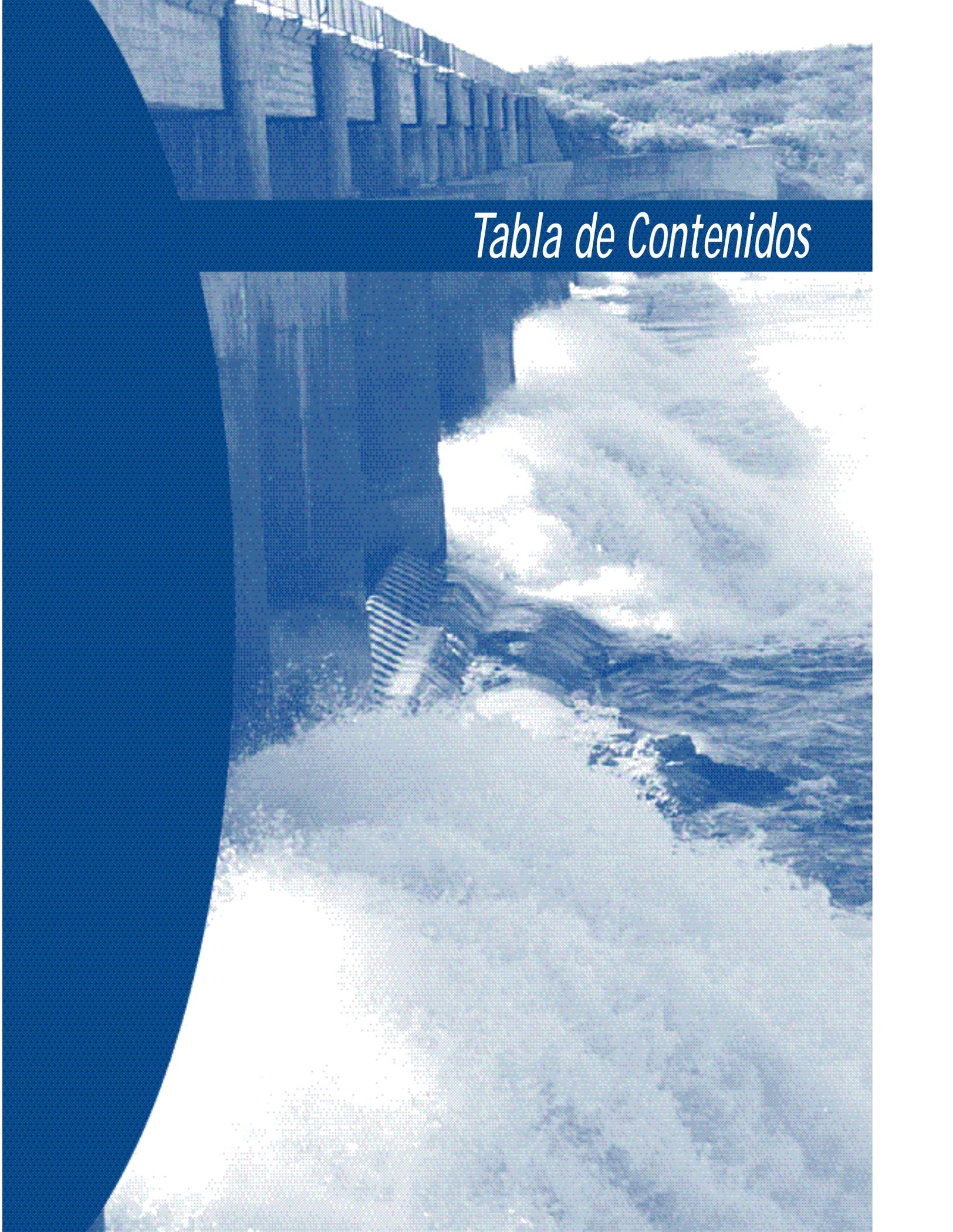
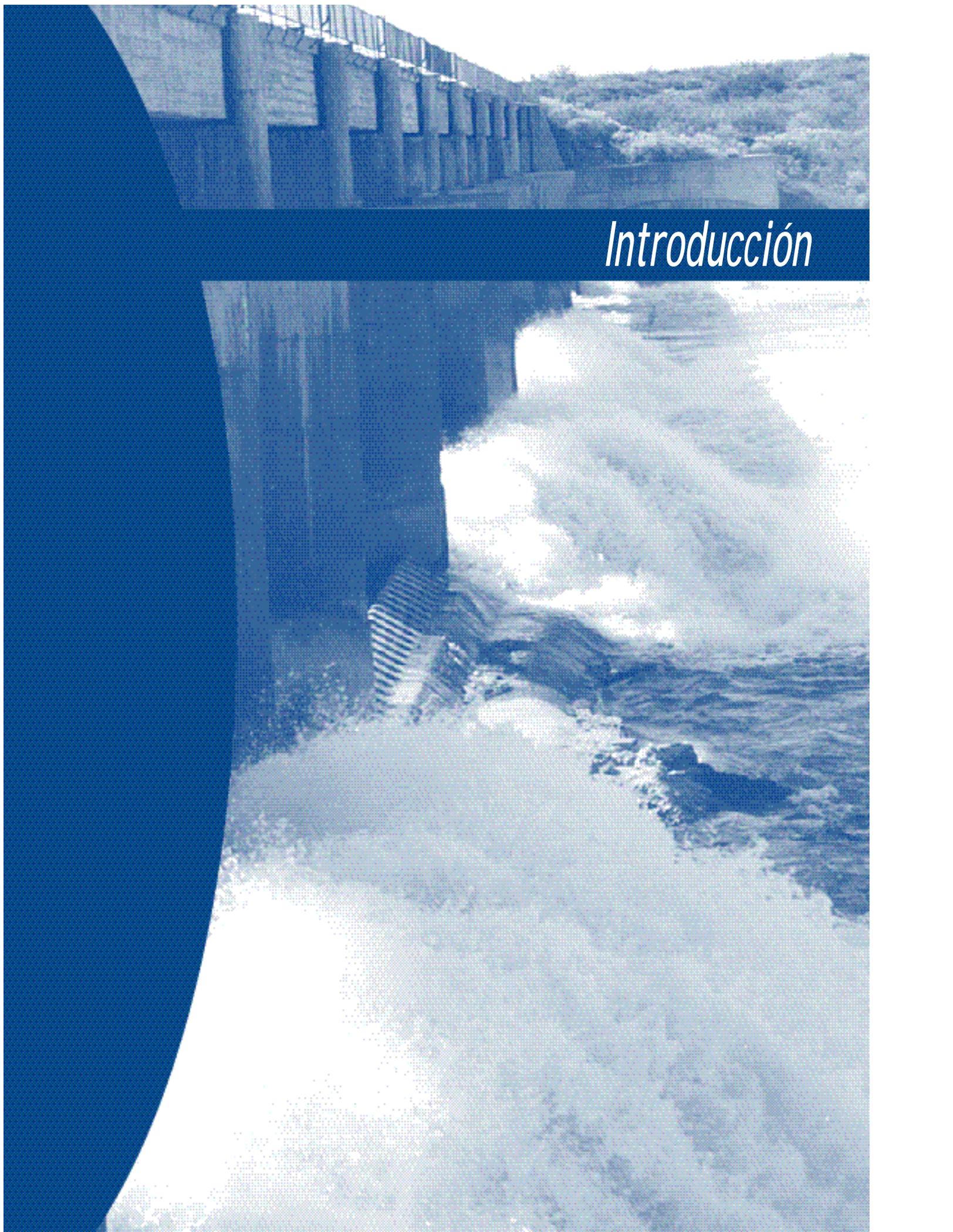
The image shows a large concrete dam with multiple spillways. Water is cascading down the spillways, creating a powerful waterfall effect. The water is white and frothy as it falls. The dam structure is made of grey concrete. In the background, there is a hillside with sparse vegetation. The overall scene is captured in a blue-tinted, halftone style. A dark blue curved shape is on the left side of the image.

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos

Introducción	13
I. Cuenca del Río Colorado	17
1.1.- Río Colorado - Características	19
1.2.- Aspectos Hidrológicos	20
1.3.- Registros de lluvias en la Cuenca	22
1.4.- Registros de conductividad eléctrica - incidencia de variables hirmeteorológicas	23
1.5.- Areas bajo riego	24
1.6.- Area de estudio del Programa de Calidad del Medio Acuático	24
II. Calidad de Agua: Monitoreo de Sustancias Tóxicas en Columna Líquida	25
2.1. Sustancias investigadas	27
2.2. Muestreo de columna de agua	27
2.3. Parámetros in situ	29
2.4.- Análisis de metales y metaloides	38
2.4.1. Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio	39
2.4.2. Valores guía para la calidad de agua	40
2.4.3. Resultados	41
2.4.4. Discusión	50
2.5. Análisis de hidrocarburos alifáticos y aromáticos polinucleares	51
2.5.1. Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio	51
2.5.2. Valores guía	51
2.5.3. Resultados	51
2.5.4. Discusión	70
III. Calidad de Sedimentos de Fondo: Monitoreo de Sustancias Tóxicas	71
3.1. Sustancias investigadas	73
3.2. Muestreo de sedimentos de fondo	73
3.3. Análisis de metales y metaloides	74
3.3.1. Calidad analítica	75
3.3.2. Resultados	76
3.3.3. Valores guía	77
3.3.4. Discusión	78
3.4. Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)	78
3.4.1. Calidad analítica	78
3.4.2. Resultados	79
3.4.3. Valores guía	81
3.4.4. Discusión	81
IV. Investigación de Sustancias Tóxicas en Músculo de Peces	83
4.1. Sustancias investigadas	85
4.2. Muestreo de peces	85
4.3. Análisis de metales y metaloides	89
4.3.1. Calidad analítica	90
4.3.2. Valores guía	90
4.3.3. Resultados	91
4.3.4. Discusión	94
4.4. Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)	94
4.4.1. Calidad analítica	94
4.4.2. Valores guía	95
4.4.3. Resultados	95
4.4.4. Discusión	100
V. Ensayos Ecotoxicológicos	101
5.1. Muestreo de agua y sedimentos de fondo	103
5.2. Descripción de los ensayos	105
5.2.1. Ensayos con agua	105
5.2.2. Ensayos con sedimentos de fondo	105
5.3. Resultados	106
5.3.1. Ensayos con agua	106
5.3.1.1. Porcentaje de supervivencia	106
5.3.1.2. Tasa neta de reproducción	106
5.3.2. Ensayos con sedimentos de fondo	107
5.3.2.1. Ensayos con <i>Hyalella curvispina</i>	107
5.3.2.2. Ensayos con <i>Vallisneria spiralis</i>	108
5.4. Conclusiones	110
5.4.1 Análisis Comparativo	110
VI. Conclusiones	115
VII. Recomendaciones	119
Referencias y Agradecimientos	123

A photograph of a dam with water flowing through its spillways. The dam is a long concrete structure with multiple spillways. The water is turbulent and white with foam as it falls. The background shows a hilly landscape with sparse vegetation. The image is overlaid with a dark blue semi-transparent shape on the left side.

Introducción

INTRODUCCIÓN

El ciclo de estudio desarrollado en el curso del año 2003 es una continuación del Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Subprograma Calidad del Medio Acuático, que tuvo comienzo en el año 1997.

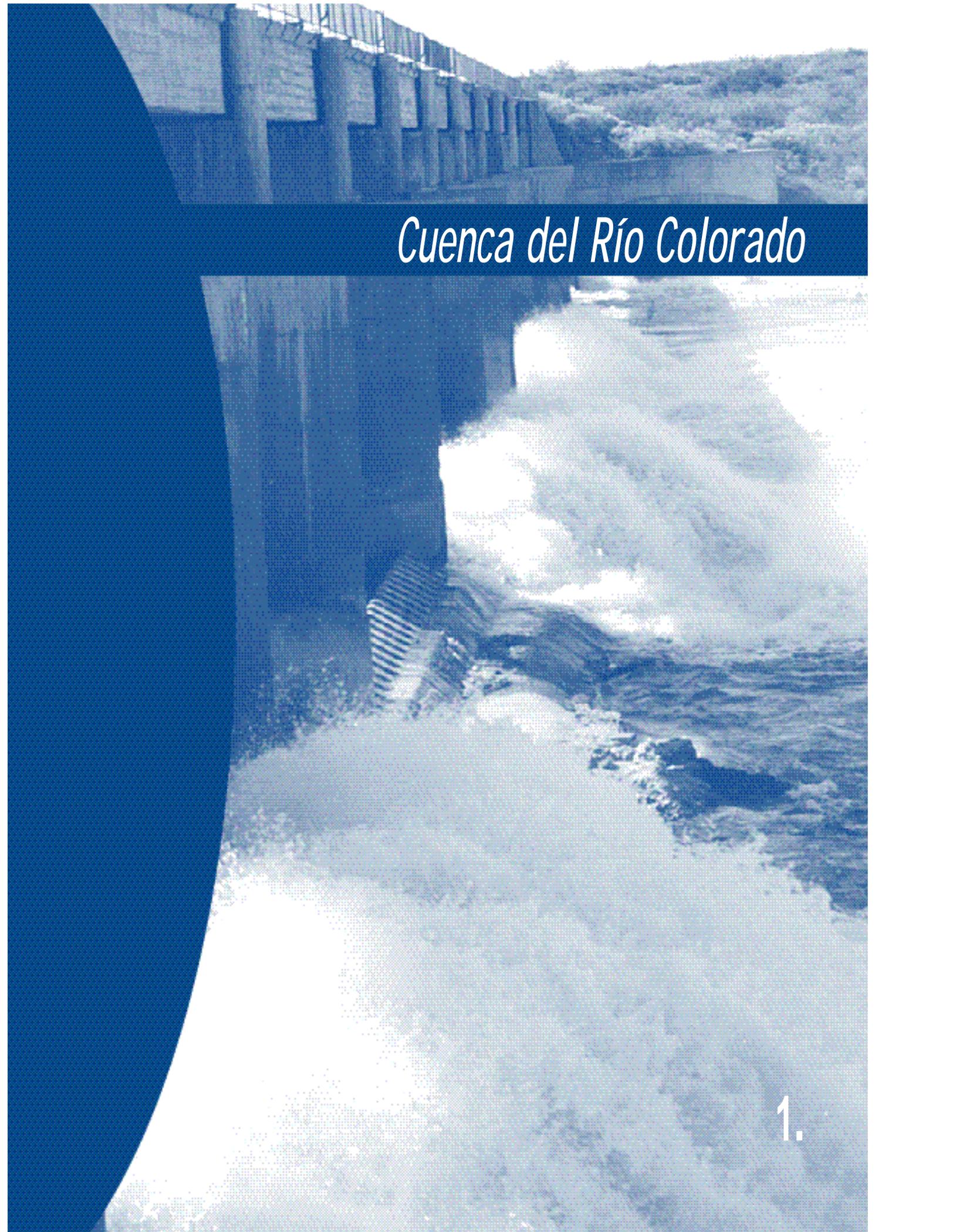
Sus objetivos han sido fundamentalmente mantener el monitoreo de la presencia de sustancias tóxicas en el ambiente acuático del sistema del río Colorado, tendiente a la evaluación continua del recurso, en lo referente a la preservación de su aptitud para los diferentes usos a que es sometido en el área. El empleo de metodologías analíticas y de monitoreo ambiental modernos, ejecutados en el marco de un riguroso programa de aseguramiento de la calidad, y la evaluación de resultados, con referencia a normas internacionales permanentemente actualizadas, son los pilares del Programa Integral de Calidad de Aguas, constituyéndolo en una herramienta para la gestión de la calidad del recurso.

El desarrollo ininterrumpido del Programa ha permitido año a año obtener conclusiones, las cuales en forma permanente se ha procurado difundir en los niveles de decisión, académicos, científicos y técnicos, en la comunidad y en el ámbito educativo, con el propósito de poner a disposición de los múltiples usuarios los datos generados, traducidos a información sobre la calidad del ambiente acuático. Para este fin, el COIRCO ha empleado diferentes medios de difusión como lo son las publicaciones impresas o accesibles a través de internet, presentaciones a congresos, folletos explicativos, material didáctico, audiencias públicas y charlas a nivel educativo.

En el presente informe se muestran los resultados correspondientes al programa del año 2003, el cual, como es habitual, tuvo en cuenta en su diseño las recomendaciones formuladas en función de los resultados del programa del año 2002 y una evaluación de los resultados obtenidos en los ciclos realizados hasta el presente. Dichas recomendaciones fueron:

- *"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 el programa de monitoreo de sustancias tóxicas en el músculo de peces a fin de evaluar la variación en el tiempo de las concentraciones de metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares."*
- *"Llevar a cabo un muestreo de sedimentos de fondo en la estaciones muestreadas en el presente ciclo con el fin de investigar los niveles de metales/metaloides, dadas las concentraciones observadas en el muestreo de septiembre de 2002. 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) con el objeto de determinar la significación de las concentraciones de metales y metaloides halladas en el presente ciclo."*
- *"Continuar con los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua del río Colorado en sitios ubicados aguas arriba del embalse Casa de Piedra".*

Bahía Blanca, abril de 2004

A photograph of a large concrete dam with multiple spillways. Water is cascading down the spillways, creating white foam and rapids. The dam is set against a backdrop of a dry, hilly landscape with sparse vegetation. The image is overlaid with a dark blue semi-transparent shape on the left side.

Cuenca del Río Colorado

1. CUENCA DEL RIO COLORADO

1.1. Río Colorado – Características

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).

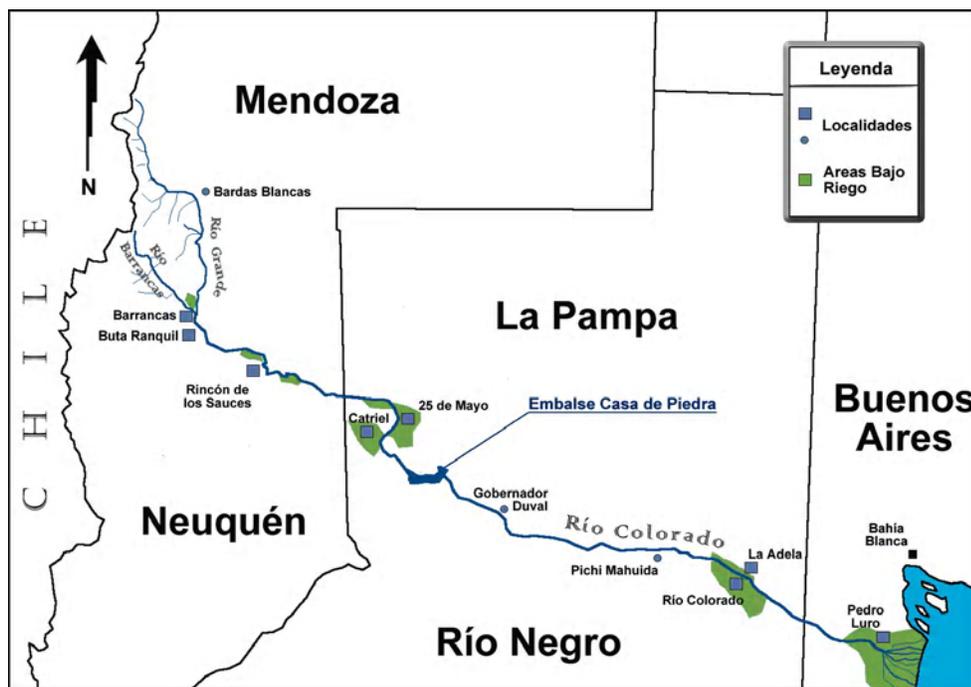
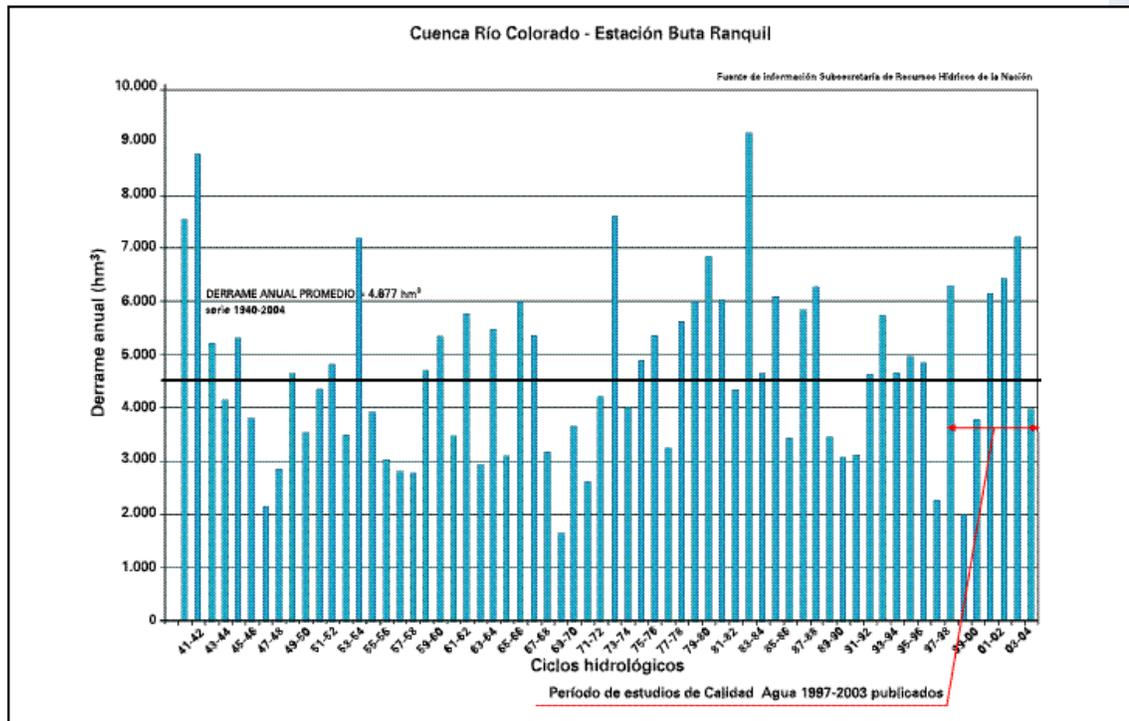


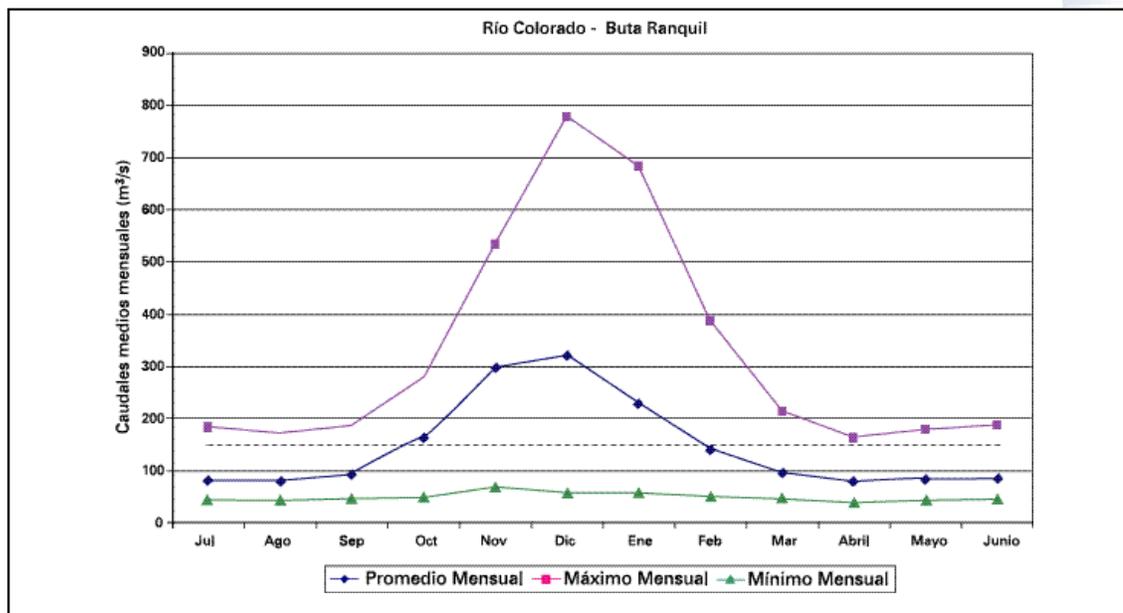
Figura 1.1

1.2. Aspectos Hidrológicos

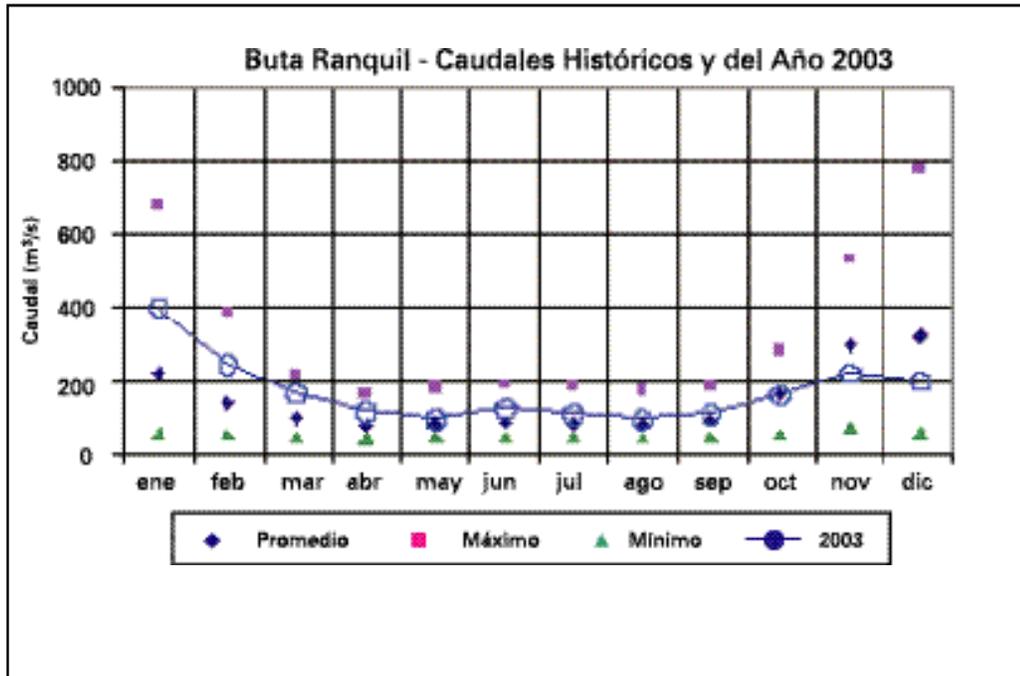
El río Colorado en la estación de aforos de Buta Ranquil, ubicada aguas abajo de la confluencia de los ríos Grande y Barrancas, para la serie de registros diarios desde 1940 al 31 de diciembre de 2003, presenta un caudal medio anual de 148,3 m³/s, siendo el derrame medio anual de 4.677 hm³ (Estadística 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)



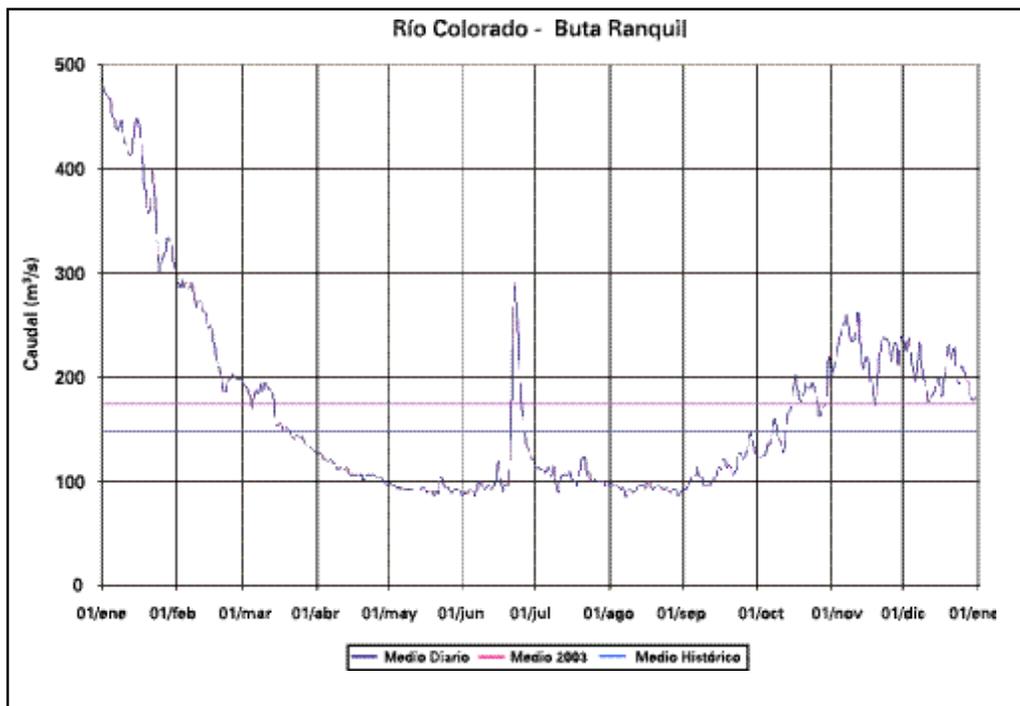
El río es de régimen nival, es decir, presenta una única crecida en el año producto de la fusión nival, que según las características meteorológicas de cada año se da inicio a comienzo o fines del mes de octubre.



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.



A continuación se presenta un hidrograma con los registros medios diarios:



Las características hidrológicas observadas durante el año 2003, en el que se desarrolló el presente ciclo del Programa de Calidad de Aguas del Río Colorado, fueron las siguientes:

- En la estación de aforos de Buta Ranquil del río Colorado el caudal medio, para el año calendario 2003, fue de 178 m³/s, siendo superior al caudal medio histórico de 148,3 m³/s de la mencionada estación.
- De los hidrogramas adjuntos se puede apreciar que desde enero hasta diciembre del 2003 los caudales medios mensuales con relación a los registros promedio mensuales históricos, mostraron una tendencia decreciente, es decir, a principio del 2003 los valores medios mensuales estaban por encima de los medios mensuales históricos, mientras que sobre fines del 2003 la relación se invertía.
- El caudal máximo instantáneo debido a la fusión nival del ciclo 2002 – 2003, corresponde al mes de enero, siendo de 523 m³/s, siendo este valor el caudal pico para el año 2003. El caudal máximo instantáneo en período de estiaje, producto de lluvias, se produjo en el mes de junio, siendo de 320 m³/s. En tanto que el correspondiente al período de fusión del ciclo 2003 – 2004, se produjo en el mes de noviembre, siendo de 275 m³/s.
- Con relación a las erogaciones desde Casa de Piedra, los caudales erogados hasta el 31 de mayo del 2003 obedecieron a necesidades de reducción de cota de embalse, a efectos de realizar tareas de mantenimiento y reparación del enrocado. En tanto que desde el 1° de junio hasta el 31 de diciembre, los caudales de erogación respondieron a las necesidades de uso aguas abajo, atendiendo a las condiciones de aporte nival en la cuenca y reservas del embalse.

1.3. Registros de Lluvias en la Cuenca

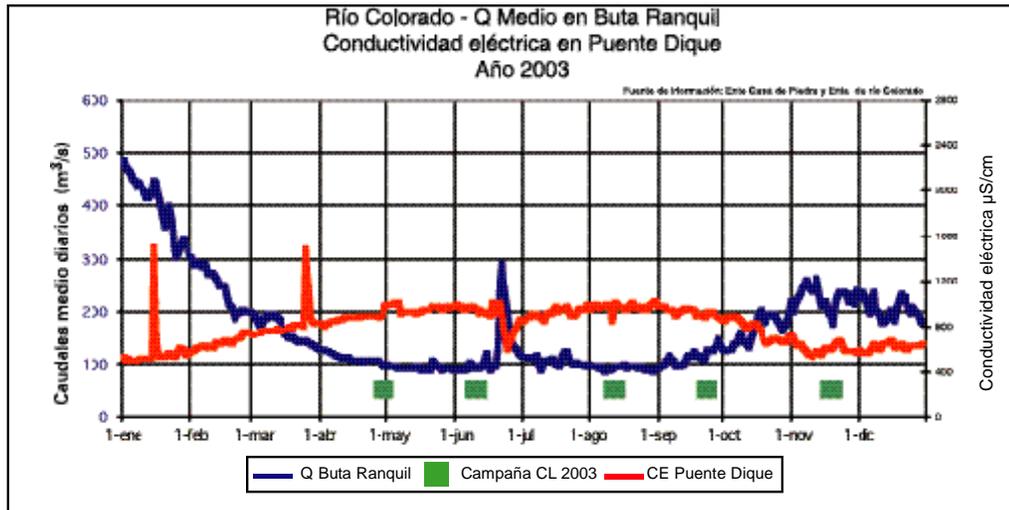
Los registros pluviales en la estación de aforos de Buta Ranquil (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación); en Catriel, Provincia de Río Negro (COIRCO - Departamento Provincial de Aguas), en la estación meteorológica del Puesto Caminero en Casa de Piedra, Provincia de La Pampa (COIRCO – Administración 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:

Año 2003	Buta Ranquil	Catriel	Puesto Caminero Casa de Piedra	Pichi Mahuida	El Gualicho
Enero	10,1	29	5,0	2,0	0
Febrero	0,0	0	0,0	0,0	2
Marzo	7,2	18	24,0	42,1	30
Abril	2,0	19	18,8	31,0	54
Mayo	0,0	19	14,4	20,0	27
Junio	20,2	0	1,8	1,0	9
Julio	7,7	6	6,0	0,0	5
Agosto	0,0	3	9,2	34,3	25
Septiembre	11,0	0	3,6	12,3	27
Octubre	2,1	0	0,8	70,0	43
Noviembre	0,0	6	30,6	34,5	51
Diciembre	0,0	0	10,0	8,0	44
Total 2003 [mm]	60,3	99	124,2	255,2	317

Registros mensuales de lluvias (mm)

1.4. 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 año 2003. 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.



Estos registros permiten visualizar claramente que durante la crecida nival, los valores de la conductividad eléctrica en el río Colorado disminuyen, y por el contrario, en los meses de estiaje aumentan.

De la información y los antecedentes que dispone COIRCO, podemos apreciar singularidades en el registro diario de conductividad eléctrica, al igual que en otros años:

- a) cuando se registran lluvias en la cuenca media del río Colorado, se observan aumentos significativos de la conductividad eléctrica, independientemente si los incrementos de caudal en el río son, o no, importantes,
- b) cuando se registran incrementos de caudal debido a fenómenos meteorológicos en la alta cuenca del río Colorado (región cordillerana), ya sea por fusión nival o por lluvia, la conductividad eléctrica disminuye en el río Colorado,

De la información disponible del año 2003 podemos concluir:

1. El incremento de la conductividad eléctrica registrado el 15 de enero (de un valor medio de 550 pasó a 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sin incrementos de caudal en Buta Ranquil, se debió a lluvias puntuales en la cuenca media del Colorado (aguas arriba de Puente Dique),
2. El 25 de marzo se observó un hecho similar al del 15 de enero.
3. El pico de crecida que se registró el 22 de junio (crecida entre el 19 y 30 de junio) fue consecuencia de lluvias en la zona cordillerana. No hay registros de lluvias significativas en esos días en las estaciones meteorológicas, y además, concide con el hecho que la conductividad eléctrica no se vio incrementada.
4. Ninguna de las campañas de muestreo fue realizada en coincidencia con singularidades hidrológicas o meteorológicas en la Cuenca del Río Colorado.

1.5. Areas Bajo Riego

En la Figura 1.1, se indican las áreas bajo riego en el ciclo 2003. Las superficies regadas son las que se indican a continuación, según las declaraciones de cada una de las jurisdicciones provinciales.

Area bajo riego, potencial y actual, en la Cuenca del Río Colorado

Provincia	Area Potencial	Area Actual
Mendoza	1.000 ha +(1)	
Neuquén	1.000 ha +(2)	5.121 ha (*)
La Pampa	85.100 ha	8.366 ha
Río Negro	85.100 ha	13.480 ha
Buenos Aires	145.900 ha	108.021 ha
Total	318.100 ha +(1)	134.988 ha

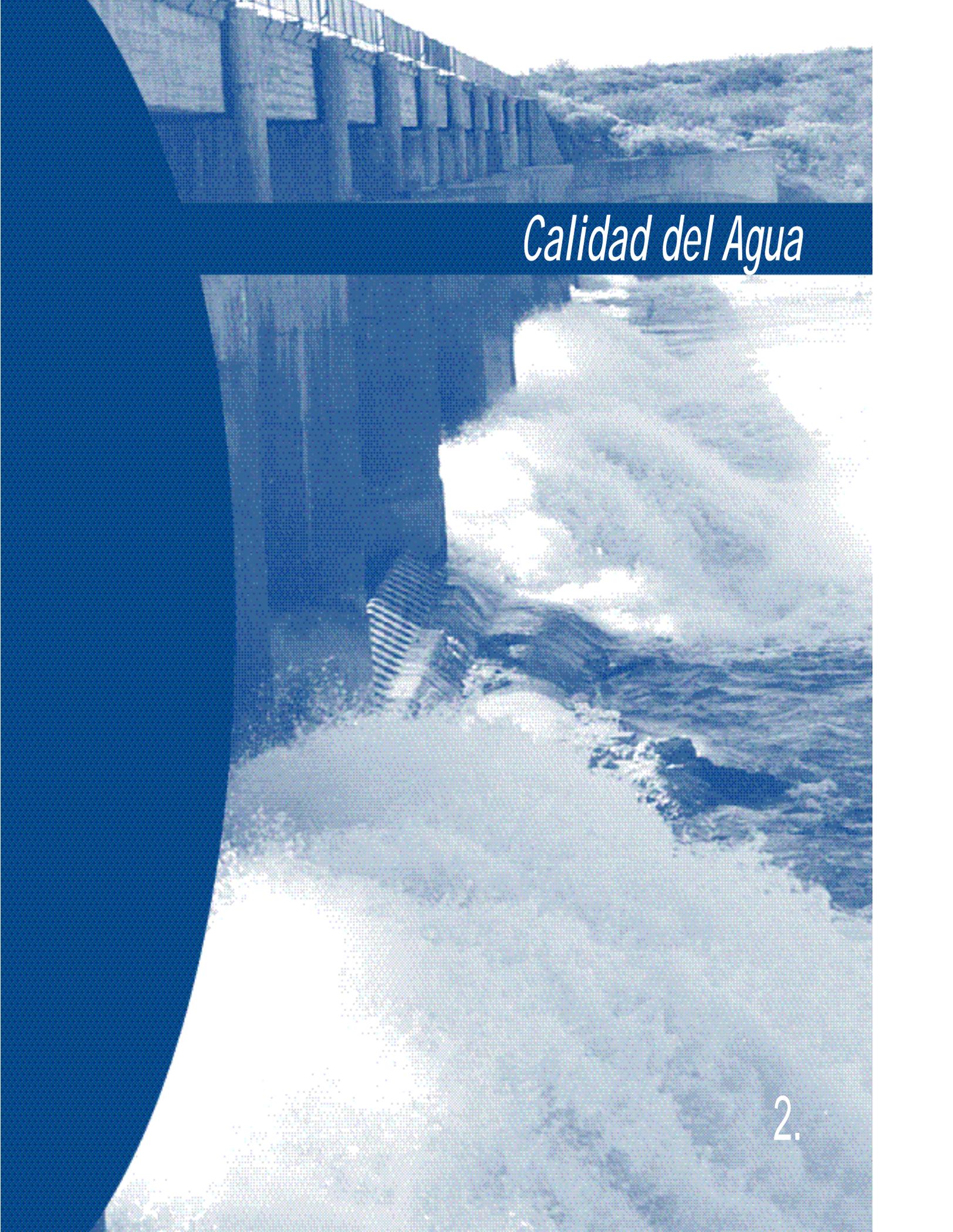
(1)

(2) *Compensación eventual por sustitución del embalse Torrecillas*

(*) *Areas bajo riego y usos industriales*

1.6. Area de Estudio del Programa de Calidad del Medio Acuático

El área de estudio comprende desde estaciones en los ríos Grande y Barrancas, donde no hay actividad antrópica, hasta la estación de muestreo en La Adela – Río Colorado, aguas arriba de la última derivación para el suministro de agua para uso en abastecimiento poblacional, riego y ganadería.

A photograph of a dam with water flowing through its spillways, creating large white rapids. The dam is made of concrete and has several spillways. The water is turbulent and white with foam. The background shows a hillside with sparse vegetation.

Calidad del Agua

2. CALIDAD DEL AGUA: MONITOREO DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN LA COLUMNA DE AGUA

2.1 Sustancias investigadas

Se ha investigado en forma sistemática la presencia de metales/metaloideos (10 elementos) e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs), con el objeto de evaluar la aptitud del agua para los diferentes usos a que es sometida. Además, se ha investigado la presencia y tipo de hidrocarburos alifáticos en la columna de agua (agua + sólidos en suspensión) como indicadores de posibles fuentes.

2.2 Muestreo de la columna de agua

Las muestras de agua fueron extraídas con frecuencia bimestral 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, siendo envasadas en frascos 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, 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.

Para el análisis de hidrocarburos se extrajeron muestras de agua de 2 L, siendo envasadas en recipientes de vidrio, 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). 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.

En la Tabla 2.1 se describen las estaciones de monitoreo y en la Figura 2.1 se indica su ubicación geográfica.

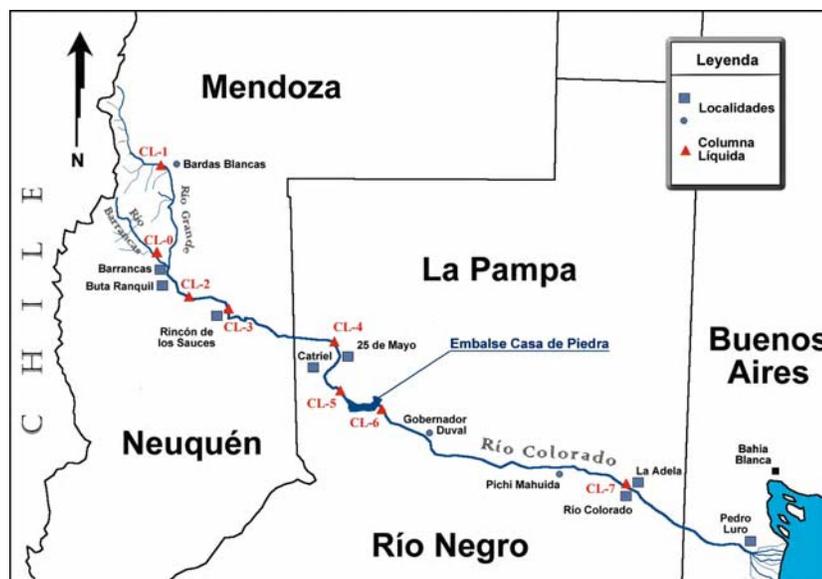


Figura 2.1
Ubicación de las
estaciones de
monitoreo de
calidad de
aguas

Tabla 2. 1. Estaciones de monitoreo de calidad de aguas en el sistema del río Colorado.

Estación 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 y 2003, estando previsto continuar su operación en el ciclo 2004-2005.

Estación 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.

Estación 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.

Estación 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.

Estación 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.

Estación CL 5

Ubicada en el río Colorado, sobre la margen derecha, a la altura de la pasarela Medanita 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.

Estación 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 como estación N° XXIV. Desde el año 2000 se opera como estación integrante de la red de monitoreo de calidad de aguas.

Estación 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.

2.3 Parámetros in situ

A continuación se detallan los parámetros obtenidos in situ en cada una de las 8 estaciones de muestreo de columna líquida.

Para cada una de las estaciones se grafica:

- pH
- temperatura del agua,
- conductividad eléctrica

En el mismo gráfico se indica el hidrograma continuo del río Colorado, en la estación de Buta Ranquil, para las estaciones de muestreo ubicadas aguas arriba del embalse; en tanto que para aquellas estaciones que se encuentra aguas abajo del embalse, se utiliza como hidrograma de referencia el correspondiente a los caudales medios diarios de erogación desde Casa de Piedra.



PARÁMETROS IN SITU

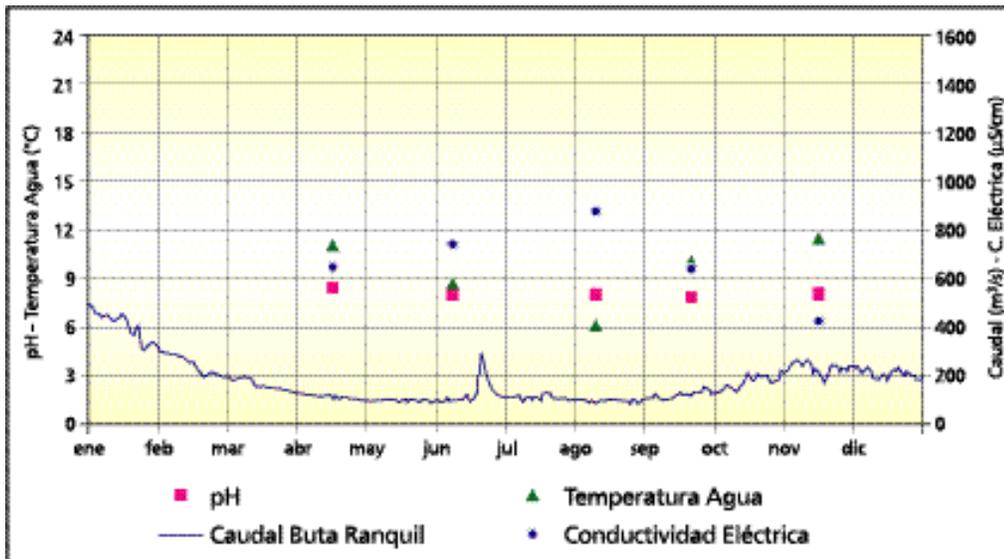
Cuenca del Río Colorado

Río Barrancas

Estación **BARRANCAS** (CLO)



Campaña	Fecha	Hora	pH	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [µS/cm]
CN°1	28/4/03	14:00	8,39	11,0	20,0	637
CN°2	9/6/03	13:30	7,99	8,5	12,0	731
CN°3	11/8/03	13:40	7,90	6,0	18,0	866
CN°4	22/9/03	13:45	7,74	10,0	19,0	621
CN°5	17/11/03	12:50	8,02	11,5	18,0	419



PARÁMETROS IN SITU

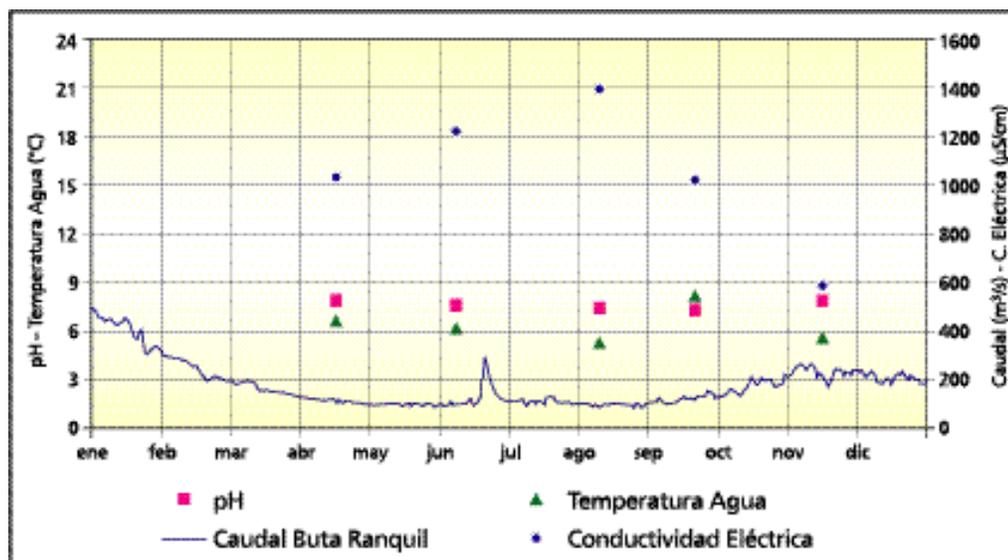


Cuenca del Río Colorado

Río Grande

**Estación LA GOTERA
(CL1)**

Campaña	Fecha	Hora	pH	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [µS/cm]
CN°1	28/4/03	10:30	7,85	6,5	8,0	1.029
CN°2	9/6/03	10:30	7,62	6,0	7,5	1.223
CN°3	11/8/03	10:10	7,34	5,0	7,0	1.396
CN°4	22/9/03	10:50	7,36	8,0	16,0	1.017
CN°5	17/11/03	9:50	7,88	5,6	8,0	579



PARÁMETROS IN SITU

Cuenca del Río Colorado

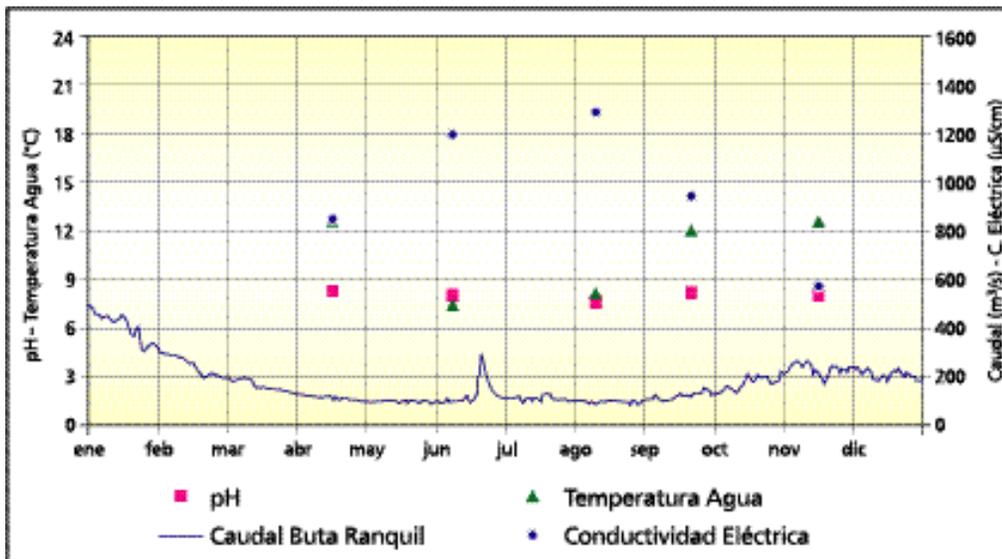
Río Colorado

Estación BUTA RANQUIL

(CL2) Yto. El Portón



Campaña	Fecha	Hora	pH	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
CN°1	28/4/03	15:20	8,10	12,5	21,0	839
CN°2	9/6/03	15:10	7,89	7,5	14,0	1.190
CN°3	11/8/03	15:10	7,52	8,0	18,0	1.286
CN°4	22/9/03	15:00	8,12	12,0	21,0	939
CN°5	17/11/03	14:20	7,98	12,5	22,0	570



PARÁMETROS IN SITU

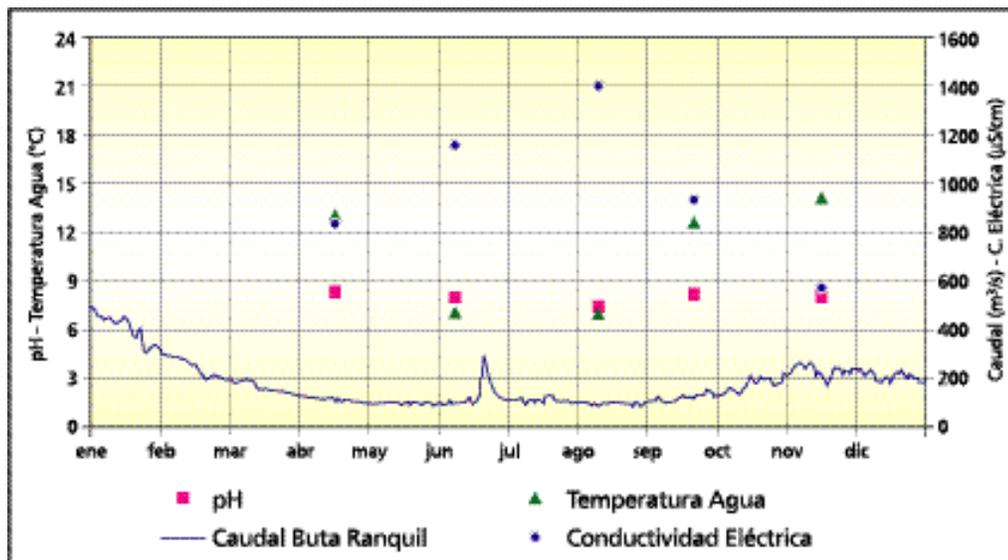
Cuenca del Río Colorado

Río Colorado

Estación **DESFILADERO BAYO** (CL3)



Campaña	Fecha	Hora	pH	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
CN°1	28/4/03	17:00	8,30	13,0	19,0	819
CN°2	9/6/03	16:45	7,89	7,0	13,0	1.150
CN°3	11/8/03	16:45	7,43	7,0	17,5	1.386
CN°4	22/9/03	16:50	8,02	12,5	22,0	920
CN°5	17/11/03	16:00	7,97	14,0	23,0	560



PARÁMETROS IN SITU

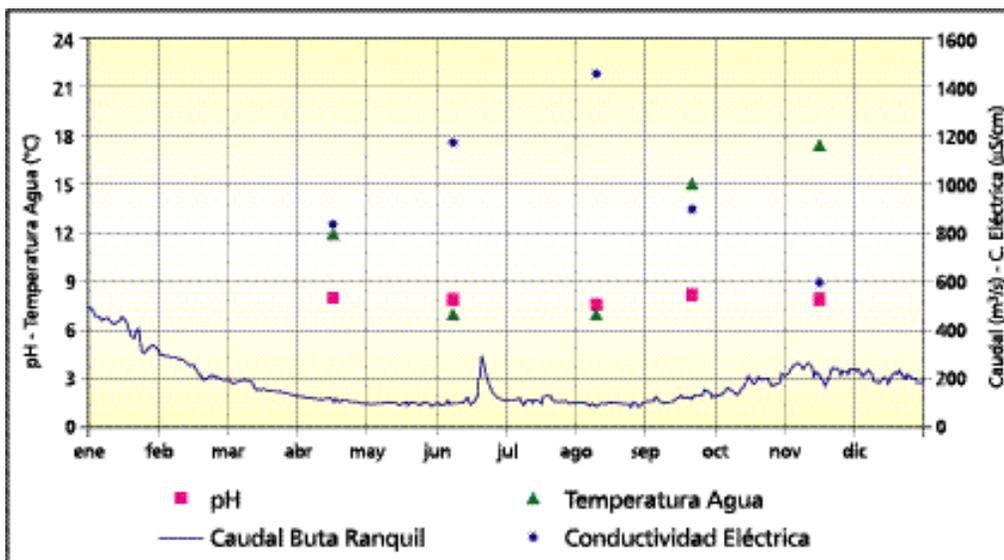
Cuenca del Río Colorado

Río Colorado

Estación **PUENTE DIQUE PUNTO UNIDO** (CL4)



Campaña	Fecha	Hora	pH	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
CN°1	29/4/03	9:00	7,95	12,0	8,0	829
CN°2	9/6/03	19:30	8,00	7,0	9,0	1.168
CN°3	12/8/03	7:40	7,53	7,0	9,0	1.457
CN°4	22/9/03	19:40	8,12	15,0	16,5	896
CN°5	17/11/03	18:30	7,98	17,5	22,0	591



PARÁMETROS IN SITU

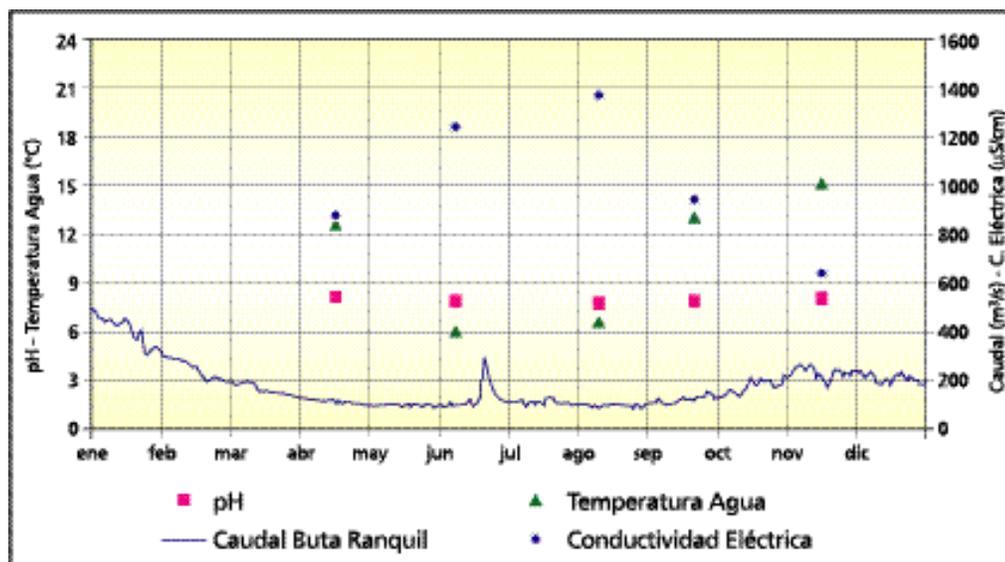
Cuenca del Río Colorado

Río Colorado

Estación PASARELA MEDANITO (CL5)



Campaña	Fecha	Hora	pH	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
CN°1	29/4/03	10:00	8,06	12,5	8,0	870
CN°2	10/6/03	9:30	7,84	6,0	8,0	1.241
CN°3	12/8/03	10:00	7,74	6,5	7,0	1.368
CN°4	23/9/03	9:30	7,75	13,0	15,0	940
CN°5	18/11/03	9:30	8,00	15,1	16,0	628



PARÁMETROS IN SITU

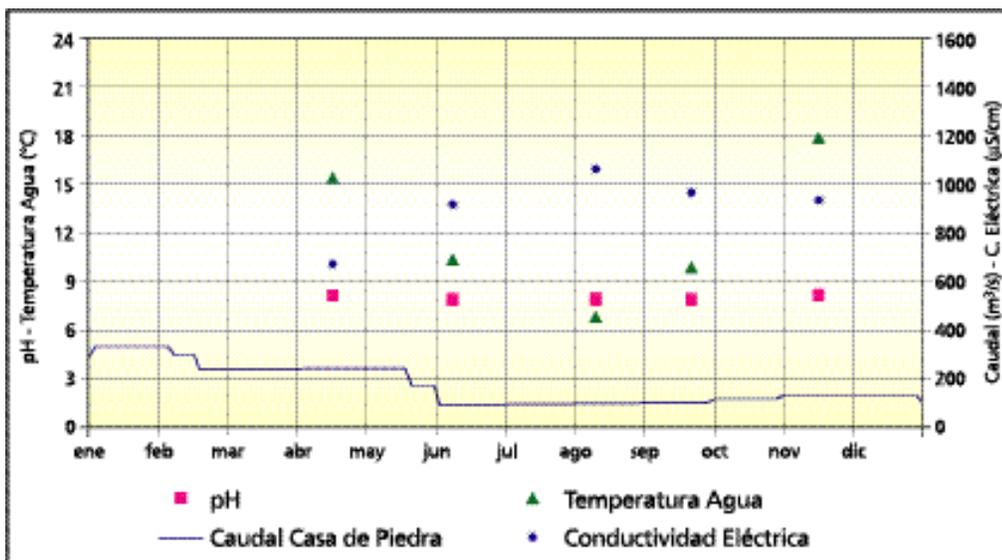
Cuenca del Río Colorado

Río Colorado

Estación **CASA DE PIEDRA** (CL6)



Campaña	Fecha	Hora	pH	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
CN°1	29/4/03	12:15	8,17	15,5	10,0	680
CN°2	10/6/03	12:00	8,02	10,5	10,5	920
CN°3	12/8/03	12:30	8,02	7,0	16,0	1.070
CN°4	23/9/03	11:55	8,14	10,0	18,0	972
CN°5	18/11/03	11:45	8,30	18,0	23,0	936



PARÁMETROS IN SITU

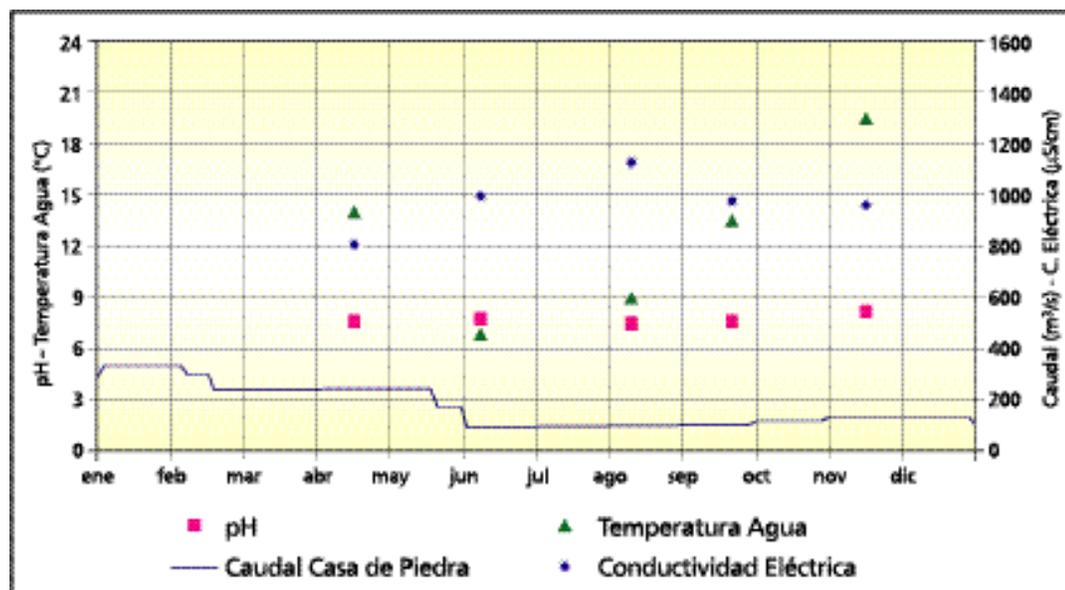


Cuenca del Río Colorado

Río Colorado

**Estación LA ADELA
(CL7)**

Campaña	Fecha	Hora	pH	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
CN°1	30/4/03	11:30	7,74	14,0	13,5	806
CN°2	11/6/03	12:00	7,86	7,0	11,0	999
CN°3	13/8/03	11:40	7,62	9,0	10,0	1.127
CN°4	24/9/03	11:40	7,75	13,5	18,0	976
CN°5	19/11/03	11:25	8,24	19,5	20,0	963



2.4 Análisis de metales y metaloides

Los análisis de metales y metaloides se llevaron a cabo mediante las técnicas y métodos analíticos descritos en la Tabla 2.2 en el laboratorio del Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN) del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

Tabla 2.2. Técnicas y métodos analíticos empleados para el análisis de metales y metaloides en columna de agua

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 electrotrémica	EPA 213.2	1
Cinc	ICP	EPA 200.7	2
Cobre	ICP	EPA 200.7	2
Cromo	A.A. por atomización electrotrémica	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 electrotrémica	EPA 239.2	5
Selenio	A.A. por generación de hidruros	EPA 206.5	2

A.A. : espectrometría de absorción atómica

ICP: espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo.

2.4.1 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio

Se llevó a cabo un control de calidad de las operaciones de campo y de laboratorio, relacionadas con el análisis de metales y metaloides, consistente en la inclusión en una de las campañas de una serie de muestras de control de calidad compuesta por: un blanco de agua ultrapura, una réplica (triplicado) de una muestra de agua extraída en una de las estaciones de muestreo, un blanco de agua ultrapura y una réplica (triplicado) de una muestra, ambos adicionados con un estándar multielemento. Además, en cada campaña se incluyó, con cada lote de muestras, un blanco y una réplica (duplicado) de una de las muestras. El origen e identificación de estas muestras eran desconocidos por el laboratorio.

Este procedimiento tuvo por finalidad visualizar el grado de incidencia de distintos factores sobre la precisión general del análisis. Entre estos factores figuran los procedimientos de limpieza de los envases para las muestras, los productos químicos utilizados como conservantes, las operaciones de muestreo y el almacenaje de las muestras hasta su arribo al laboratorio. Todos estos factores pueden determinar la introducción de elementos extraños a la muestra o la alteración y/o pérdida de sustancias originalmente presentes en la misma.

En la Tabla 2.3 se muestra el resultado del análisis de un blanco de agua ultrapura incluido en el lote de muestras de una campaña y de réplicas (triplicado) de muestras. Este resultado indica que las sustancias bajo estudio no están presentes como residuos en los envases ni como impurezas en el ácido utilizado para preservar las muestras.

Tabla 2.3. Análisis de un blanco de campo y de réplicas de una muestra de agua del río Colorado

Metal/metaloide	Concentración hallada (µg/L)			
	Blanco de agua ultrapura ⁽¹⁾ (µg/L)	Réplicas ⁽²⁾		
		1	2	3
Arsénico	<5	<5	<5	<5
Cadmio	<1	<1	<1	<1
Cinc	<2	24	24	23
Cobre	<2	<2	<2	<2
Cromo	<1	<1	<1	<1
Mercurio	<1	<1	<1	<1
Molibdeno	<10	<10	<10	<10
Níquel	<5	<5	<5	<5
Plomo	<5	<5	<5	<5
Selenio	<2	<2	<2	<2

(1) Tipo I – ASTM

(2) Muestra triplicada obtenida en la estación CL 5 en la campaña de agosto de 2003.

En la Tabla 2.4 figuran los resultados del análisis de un blanco de campo y de réplicas adicionales en campo con un estándar multielemento a fin de determinar la precisión y el % de recuperación en el análisis de metales y metaloides.

Tabla 2.4. Análisis de un blanco de campo y de réplicas de una muestra de agua adicionadas con un estándar multielemento.

Metal/metaloide	Concentración aplicada ⁽¹⁾ (µg/L)	Concentración hallada (µg/L)			
		Blanco de agua ultrapura ⁽²⁾ (µg/L)	Réplicas ⁽³⁾		
			1	2	3
Arsénico	40	57 ⁽⁴⁾	39	39	35
Cadmio	4	4,7	3,7	4,0	3,7
Cinc	4	<2	24	24	24
Cobre	4	4,6	5,4	5,2	5,0
Cromo	4	4,1	2,5	2,5	2,2
Mercurio	10	7,6	6,0	6,0	5,9
Molibdeno	No disponible				
Níquel	10	10	8	7	8
Plomo	40	44	36	33	35
Selenio	40	24 ⁽⁴⁾	49	42	45

(1) Estándar multielemento V – CERTIPUR – Merck (1 mL/ 500 mL muestra)

(2) Tipo I – ASTM;

(3) Muestra triplicada obtenida en la estación CL 5 en la campaña de agosto de 2003.

(4) Valores observados.

Blanco (de campo): se prepara con agua ultrapura (de calidad verificada) usando un envase del mismo lote que va a ser utilizado para las muestras. Se envasa en campo y es sometido a idénticos procedimientos de preservación, condiciones y tiempo de almacenaje que las muestras. Indica cualquier anomalía que pueda existir con los procedimientos de limpieza del envase, introducción de contaminantes en la muestra por los conservantes (ácidos), manipulación de los envases en campo para la obtención y preservación de la muestra.

Blanco adicionado: se prepara adicionando cantidades conocidas de un estándar de la sustancia en estudio a un blanco de agua ultrapura, preparado como se indicó más arriba. Indica la recuperación de la sustancia adicionada en el análisis de laboratorio, sin efectos de la matriz (confirmada por otras sustancias o materiales distintos del analito a medir que están presentes en la muestra). Si se analizan réplicas del blanco adicionado, da un indicio también de la precisión general afectada por las operaciones de campo y analíticas.

Réplica: es una muestra repetida de la matriz en estudio. Se obtiene por división de una muestra (dos o más veces). Tiene por objeto medir la precisión general afectada por las operaciones de campo y laboratorio.

Réplica adicionada: se prepara en idénticas condiciones que la anterior pero se le adiciona una cantidad conocida de un estándar de la sustancia en estudio. Mide la precisión general afectada por las operaciones de campo y analíticas, más el efecto de la matriz (por ejemplo, si la sustancia a medir tiene afinidad por el material particulado presente en la muestra y debe ser extraída para su análisis, lo más probable es que no se logre extraer en su totalidad dicha sustancia, afectándose la recuperación y la precisión de la determinación). La recuperación, habitualmente expresada como porcentaje, mide la relación entre la concentración de una sustancia adicionada a una muestra y la concentración hallada por medio del análisis.

2.4.2 Valores guía para la calidad del agua

Con el objeto de evaluar la calidad del agua para ser usada como fuente de agua potable, para irrigación y ganadería y para la protección de la vida acuática, los resultados obtenidos en el monitoreo de sustancias químicas, se han confrontado con valores guía (Tabla 2.5) derivados a tal fin (WHO 1993, CCME 2002).

Tabla 2.5. 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;

(3) CCME, (2002) Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Irrigation;

(4) CCME, (2002) Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Livestock; (5)

CCME, (2002) Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.

2.4.3 Resultados

Los resultados obtenidos en el monitoreo de calidad de aguas del sistema del río Colorado se muestran en las Tablas 2.6 a 2.13. Se presentan con fines comparativos los datos registrados desde el año 2000 (COIRCO 2001, 2002, 2003).



Tabla 2. 6. Estación: CL 0
Descripción: río Barrancas altura puente

Latitud: S 36° 49' 04"
Longitud: O 69° 52' 14"

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

MD: margen derecha

Latitud: S 35° 51' 32"
 Longitud: O 69° 48' 25"

Tabla 2.7. Estación: CL 1
 Descripción: río Grande altura Bardas Blancas

Año	Metal/metales (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	<1	<1	<10	<10	<7	<7	<2	<2	<2	<2	
13/03	<10	<10	<1,5	<1,5	<20	<20	14	4	<2	<1	<1	<10	<10	<7	<7	<2	<2	<2	<2	
15/05	-	<10	-	<1,5	-	<20	-	7	-	-	-	-	<10	-	-	-	-	-	-	
07/08	<10	<10	<1,5	<1,5	33	27	8	5	<2	1,4	<1	<10	<10	<7	<7	<2	<2	<2	<2	
25/09	-	<10	-	<1,5	-	24	-	<4	<2	-	<1	<10	<10	-	-	-	-	-	<2	
06/11	-	<10	-	<1,5	-	<20	-	<4	<2	-	<1	<10	<10	-	-	-	-	-	<2	
2001	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD
12/02	<5	11	<1	<1	11	11	16	3	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
23/04	<5	<10	<1	<1	<10	<10	3	3	<1	<1	<1	<10	<10	7	7	<2	<2	<2	<2	
25/06	<5	12	<1	<1	12	12	3	3	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
13/08	<5	14	<1	<1	14	14	3	3	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	4	4	4	6	
29/10	<5	9	<1	<1	9	9	2	2	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	6	6	6	<2	
03/12	<5	8	<1	<1	8	8	7	7	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
2002	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD
18/03	<5	6	<1	<1	6	6	15	15	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
06/05	<5	4	<1	<1	4	4	<2	<2	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
24/06	<5	3	<1	<1	3	3	3	3	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
12/08	<5	6	<1	<1	6	6	6	6	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
07/10	<5	31	<1	<1	31	31	8	8	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
25/11	<5	31	<1	<1	31	31	21	21	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
2003	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD
28/04	<5	16	<1	<1	16	16	6	6	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
09/06	<5	12	<1	<1	12	12	<2	<2	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
11/08	<5	24	<1	<1	24	24	<2	<2	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	
22/09	<5	26	<1	<1	26	26	9	9	<1	<1	<1	<10	<10	7	7	<2	<2	<2	<2	
17/11	<5	<2	<1	<1	<2	<2	6	6	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	<2	

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla 2. 8. Estación: CL 2
Descripción: río Colorado altura Buta Ranquil (Puente El Portón)

Latitud: S 37° 07' 27"
Longitud: O 69° 38' 51"

Año	Metal/metales (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	<1	<10	<10	<10	<10	<10	10	12	<2	<2	
13/03	<10	<10	<1,5	<1,5	57	<20	5	<4	<2	<1	<10	<10	<10	<10	<10	<7	<7	<2	<2	
15/05	<10	<10	<1,5	<1,5	26	34	10	14	<2	<1	<10	<10	<10	<10	11	<7	<7	<2	<2	
07/08	<10	<10	<1,5	<1,5	25	30	<4	<4	<2	<1	<10	<10	<10	<10	<10	<7	<7	<2	<2	
25/09	-	<10	-	<1,5	-	23	-	<4	<2	<1	<10	<10	<10	<10	-	<7	<7	<2	<2	
06/11	-	<10	-	<1,5	<20	<20	-	<4	<2	<1	<10	<10	<10	<10	-	<7	<7	-	<2	
2001	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
12/02	<5	<5	<1	<1	12	12	5	5	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	7	<2	<2	<2	
23/04	<5	<5	<1	<1	<10	<10	<2	<2	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	3	3	3	
25/06	<5	<5	<1	<1	13	13	<2	<2	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	
13/08	<5	<5	<1	<1	9	9	3	3	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	
29/10	<5	<5	<1	<1	14	14	11	11	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	
03/12	<5	<5	<1	<1	14	14	11	11	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	6	6	6	
2002	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
18/03	<5	<5	<1	<1	11	11	18	18	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	5	<2	<2	<2	
06/05	<5	<5	<1	<1	6	6	<2	<2	<1	<1	<10	<10	<10	<10	5	<5	<2	<2	<2	
24/06	<5	<5	<1	<1	<2	<2	4	4	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	4	4	4	
12/08	<5	<5	<1	<1	6	6	11	11	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	5	5	5	
07/10	<5	<5	<1	<1	32	32	11	11	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	5	5	5	
25/11	<5	<5	<1	<1	33	33	20	20	<1	<1	<10	<10	<10	<10	9	<5	<5	7	7	
2003	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
28/04	<5	<5	<1	<1	15	15	<2	<2	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	5	<2	<2	<2	
09/06	<5	<5	<1	<1	12	12	<2	<2	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	
11/08	<5	<5	<1	<1	23	23	<2	<2	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	
22/09	<5	<5	<1	<1	21	21	<2	<2	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	
17/11	<5	<5	<1	<1	<2	<2	4	4	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	<2	

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Latitud: S 37° 21' 57"
 Longitud: O 69° 00' 55"

Tabla 2. 9. Estación: CL 3
 Descripción: río Colorado altura Desfiladero Bayo

Año	Metal/metales (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	<7	<2	<2	<2	
13/03	<10	<10	<1,5	<1,5	<20	<20	<4	<4	<2	<2	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<7	<2	<2	<2	
15/05	<10	<10	<1,5	<1,5	55	52	13	9	<2	<2	<1	<1	<10	<10	28	24	<7	<2	<2	<2	
07/08	<10	<10	<1,5	<1,5	22	22	<4	<4	<2	<2	<1	<1	<10	<10	<10	<10	<7	<2	<2	<2	
25/09	-	<10	-	<1,5	-	22	<4	<4	-	<2	-	<1	<10	<10	-	<10	<7	<2	<2	<2	
06/11	-	<10	-	<1,5	-	<20	<4	<4	-	<2	-	<1	<10	<10	-	<10	<7	<2	<2	<2	
2001	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	
12/02	<5	<5	<1	<1	12	12	4	4	<1	<1	<1	<1	<10	<10	MD	<5	<2	<2	<2	<2	
23/04	<5	<5	<1	<1	<10	<10	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	3	3	4/5	
25/06	<5/5(1)	<5/5(1)	<1/5(1)	<1/5(1)	11/11	11/11	<2/2	<2/2	<1/1	<1/1	<1/1	<1/1	<10/10	<10/10	<5/5	<5/5	<5/5	<2	<2	<2	<2
13/08	<5	<5	<1	<1	13	13	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<2	<2	<2	<2
29/10	<5	<5	<1	<1	10	10	4	4	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	4	4	4	6
03/12	<5	<5	<1	<1	19	19	16	16	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
2002	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	
18/03	<5	<5	<1	<1	43	43	40	40	1,5	1,5	<1	<1	<10	<10	MD	11	MD	3	3	3	3
06/05	<5	<5	<1	<1	14	14	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	7	<2	<2	<2	<2
24/06	<5	<5	<1	<1	<2	<2	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<2	<2	<2	<2
12/08	<5	<5	<1	<1	5	5	4	4	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<2	<2	<2	<2
07/10	<5	<5	<1	<1	35	35	12	12	<1	<1	<1	<1	<10	<10	12	<5	<5	9	9	9	9
25/11	<5	<5	<1	<1	33	33	21	21	2	2	<1	<1	<10	<10	15	<5	<5	3	3	3	3
2003	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	
28/04	<5	<5	<1	<1	15	15	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	MD	<5	MD	<2	<2	<2	<2
09/06	<5	<5	<1	<1	11	11	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	7	<5	<5	<2	<2	<2	<2
11/08	<5	<5	<1	<1	22	22	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<2	<2	<2	<2
22/09	<5	<5	<1	<1	21	21	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<2	<2	<2	<2
17/11	<5	<5	<1	<1	<2	<2	5	5	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<2	<2	<2	<2

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

Tabla 2. 10. Estación: CL 4
Descripción: río Colorado altura Punto Unido

Latitud: S 37° 43' 32"
Longitud: O 67° 45' 47"

Año	Metal/metales (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	<7	<7	<2	<2	
15/05	<10	<10	<1,5	<1,5	<20	<20	<4	<4	<2	<2	<1	<1	<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	<7	<7	<2	<2	
25/09	<10	-	<1,5	-	22	-	<4	-	<2	<2	<1	-	<10	<10	<10	<7	-	<2	-	
06/11	<10	-	<1,5	-	<20	-	5	-	<2	<2	<1	-	<10	<10	<10	<7	-	<2	-	
2001	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD
12/02	<5	<5	<1	<1	12	12	5	5	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
23/04	<5	<5	<1	<1	<10	<10	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
25/06	<5	<5	<1	<1	11	11	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
13/08	<5	<5	<1	<1	13	13	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
29/10	<5	<5	<1	<1	10	10	6	6	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	6	6	
03/12	<5	<5	<1	<1	24	24	19	19	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	3	3	
2002	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD
18/03	<5	<5	<1	<1	20	20	19	19	1,3	1,3	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
06/05	<5	<5	<1	<1	9	9	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
24/06	<5	<5	<1	<1	<2	<2	4	4	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	9	9	
12/08	<5	<5	<1	<1	7	7	10	10	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	4	4	
07/10	<5	<5	<1	<1	34	34	17	17	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	4	4	
25/11	<5	<5	<1	<1	31	31	17	17	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	4	4	
2003	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD
28/04	<5	<5	<1	<1	14	14	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
09/06	<5	<5	<1	<1	11	11	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
12/08	<5	<5	<1	<1	23	23	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
22/09	<5	<5	<1	<1	21	21	<2	<2	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	
17/11	<5	<5	<1	<1	4	4	7	7	<1	<1	<1	<1	<10	<10	<10	<5	<5	<2	<2	

Mi: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla 2. 11. Estación: CL 5
Descripción: río Colorado altura Pasarela Medanita

Latitud: S 38° 01' 35"
Longitud: O 67° 52' 44"

Año	Metal/metales (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	<10	<10	12	13	10	9	<2	<2	<2			
14/03	<10	<10	<1,5	<1,5	<20	<20	4	<4	<2	<2	<1	<10	<10	<10	<7	<7	<2	<2	<2	<2			
16/05	-	<10	-	<1,5	-	<20	-	<4	-	<2	-	-	<10	-	-	-	-	-	-	-	<2		
08/08	<10	<10	<1,5	<1,5	28	32	<4	<4	<2	<2	<1	<10	<10	<10	<7	<7	<2	<2	<2	<2	<2		
26/09	-	<10	-	<1,5	-	22	-	<4	-	<2	-	<10	<10	-	-	-	-	-	-	-	<2		
07/11	-	<10	-	<1,5	-	<20	-	7	-	<2	-	<10	<10	-	-	-	-	-	-	-	<2		
2001	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	
13/02(1)	<5/<5	<1/<1	<1/<1	<1/<1	13/13	13/13	5/6	5/6	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<10/<10	MD									
24/04	<5	<1	<1	<1	<10	<10	<2	<2	<1	<1	<1	<10	<10	<5/<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<2/<2		
26/06	<5	<1	<1	<1	11	11	<2	<2	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	4		
14/08	<5	<1	<1	<1	13	13	<2	<2	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	3		
30/10	<5	<1	<1	<1	12	12	6	6	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	4		
04/12	<5	<1	<1	<1	30	30	23	23	<1	<1	<1	<10	<10	6	6	5	5	5	5	5	<2	3	
2002	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	
19/03	<5	<1	<1	<1	21	21	20	20	<1	<1	<1	<10	<10	MD									
07/05	<5	<1	<1	<1	10	10	<2	<2	<1	<1	<1	<10	<10	14	14	17	17	17	17	17	7	7	
25/06	<5	<1	<1	<1	<2	<2	<2	<2	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<2	<2	
13/08	<5	<1	<1	<1	7	7	3	3	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<2	<2	
08/10	<5	<1	<1	<1	28	28	4	4	<1	<1	<1	<10	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<2	<2	
26/11(2)	<5	<1	<1	<1	36/34/37	36/34/37	19/21/21	19/21/21	<1/<1/<1	<1/<1/<1	<1/<1/<1	<10/<10/<10	<10/<10/<10	7/8/11	7/8/11	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<5/<5/<5	3/<2/5	3/<2/5	
2003	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	
28/04(1)	<5/<5	<1/<1	<1/<1	<1/<1	15/15	15/15	MD	MD	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<10/<10	MD									
10/06(1)	<5/<5	<1/<1	<1/<1	<1/<1	12/12	12/12	<2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
12/08(2)	<5/<5/<5	<1/<1/<1	<1/<1/<1	<1/<1/<1	24/24/23	24/24/23	<2/<2/<2	<2/<2/<2	<1/<1/<1	<1/<1/<1	<1/<1/<1	<10/<10/<10	<10/<10/<10	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<5/<5/<5	<2/<2/<2	
23/09(1)	<5/<5	<1/<1	<1/<1	<1/<1	22/22	22/22	<2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<2/<2	<2/<2
18/11(1)	<5/<5	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<2/<2	<2/<2	5/8	5/8	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<5/<5	<2/<2	<2/<2

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

Tabla 2. 12. Estación: CL 6
 Descripción: descarga embalse Casa de Piedra
 Latitud: S 38° 12' 55"
 Longitud: O 67° 11' 04"

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

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla 2. 13. Descripción: río Colorado altura La Adela
Estación: CL 7

Latitud: S 38° 59' 14"
Longitud: O 64° 05' 32"

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

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

2.4.4 Discusión

En el presente ciclo, al igual que en años anteriores, la situación observada fue de no detección de metales y metaloides en todas las estaciones del sistema del río Colorado muestreadas. La excepción la constituyó el cinc, de origen natural, el cual es detectado habitualmente en todo el sistema, aún en áreas libres de influencia antrópica situadas en la cabecera de la cuenca (ríos Grande y Barrancas). Las concentraciones detectadas de este metal fueron muy inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la salud humana, el uso agrícola-ganadero y de la vida acuática. También, en coincidencia con lo observado en otros ciclos de estudio, hubo detecciones muy aisladas de cobre, níquel y plomo. A diferencia de lo ocurrido en los dos años precedentes, en esta oportunidad prácticamente no se detectó la presencia de selenio (sólo dos casos sobre el total del período de estudio). Las concentraciones detectadas de los citados elementos fueron también inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la salud humana y el uso agrícola-ganadero del agua. En relación con la protección de la vida acuática, sólo fueron superados ligeramente los valores guía para cobre y selenio. Este hecho, de acuerdo a lo observado en los ensayos ecotoxicológicos con agua, los cuales son presentados en el Capítulo 5, no tiene efecto significativo.

La Figura 2.2 muestra para el cinc una comparación entre los valores guía para distintos usos del agua, las concentraciones detectadas y el límite de cuantificación del método alcanzado por el laboratorio.

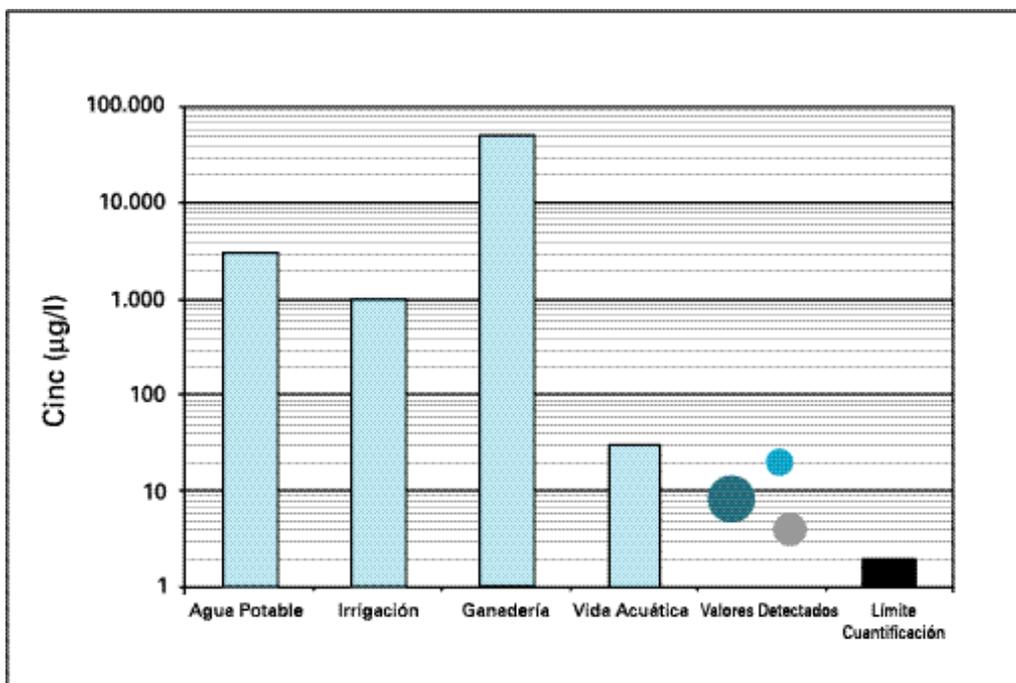


Figura 2.2 Concentraciones de Cinc en agua.

2.5 Análisis de hidrocarburos alifáticos y aromáticos polinucleares

Los análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares y alifáticos se llevaron a cabo por cromatografía en fase gaseosa (columna HP5 MS de 30 m) con detección por espectrometría de masas en el laboratorio CIC S.R.L. de Lomas del Mirador, Provincia de Buenos Aires.

2.5.1 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio

Para el control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio, en cuatro de las cinco campañas del presente ciclo, junto con las muestras se analizó un blanco de campo y una réplica (duplicado) de una muestra extraída en una de las estaciones de monitoreo (CL 5). En la campaña restante se analizó un triplicado de una muestra obtenida en la citada estación.

2.5.2 Valores guía

La evaluación de los resultados obtenidos en el monitoreo de HAPs en agua se llevó a cabo tomando como referencia los valores guía Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life publicados en Canadian Environmental Quality Guidelines (CCME 2002), los cuales se presentan en la Tabla 2.14.

Tabla 2.14. Valores guía para la protección de la vida acuática⁽¹⁾

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

(1) Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquaticlife, 2002

En relación con la salud humana, los resultados obtenidos fueron contrastados con el límite adoptado para el Programa (0,2 µg/L).

2.5.3 Resultados

En las Tablas 2.15 a 2.22 se presentan los resultados del monitoreo de HAPs en agua obtenidos en el presente ciclo, en comparación con los registros de años anteriores (COIRCO 2001, 2002, 2003). Puede observarse que los límites de cuantificación alcanzados por el laboratorio han ido disminuyendo en el curso de los sucesivos programas.

Tabla 2. 15. 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	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
18/03	<0,01	<0,005	<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	<0,005
24/06	<0,01	<0,005	<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	<0,005
07/10	<0,01	<0,005	<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	<0,005
2003	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
28/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<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	<0,02
11/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<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	<0,02
17/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,02	<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	Dibenz[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[1,2,3-c,d]pireno	
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
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	0,013	0,012	<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	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
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	0,013	0,012	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,012	0,012	<0,005

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

Tabla 2. 16. 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	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,13 (*) <0,01 (*) 0,016(*) 0,017(*) <0,01(*) 0,015(*)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02 0,02 <0,01 <0,01 <0,01 <0,01 <0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05
2002	<0,01	<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
2003	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005 <0,005 <0,005 <0,005 <0,005	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
28/04	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
09/06	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
11/08	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
22/09	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
17/11	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Estación CL 1 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzola,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	<0,01	<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	<0,01
23/04	<0,01	<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	<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

Tabla 2. 17. Estación: CL 2
 Descripción: río Colorado altura Buta Ranquil (Puente El Portón) – Margen derecha

Latitud: S 37° 07' 27"
 Longitud: O 69° 38' 51"

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	<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	0,016(*)	0,016(*)	0,02	0,01	0,024	<0,01	
07/08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,011(*)	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	<0,01	
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,013(*)	0,013(*)	<0,01	<0,01	0,032	0,031	
2001					(*) Fenantreno + Antraceno						
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]	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzof[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[1,2,3-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	<0,01	<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	<0,01
23/04	<0,01	<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	<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 2. 18. Estación: CL 3
 Descripción: río Colorado altura Desfiladero Bayo – Margen derecha
 Latitud: S 37° 21' 57"
 Longitud: O 69° 00' 55"

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	0,012	<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	0,011(*)	(*) Fenantreno + Antraceno	<0,01	<0,01	0,038	0,029
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]	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenz[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[1,2,3-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	<0,01
13/03	<0,01	<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	<0,01
07/08	<0,01	<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	<0,01
06/11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<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	<0,01	<0,01
23/04	<0,01	<0,01	<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	<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	<0,01
29/10	<0,01	<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	<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	<0,005
06/05	<0,005	<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	<0,005
12/08	<0,005	<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	<0,005
25/11	<0,005	<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	<0,005
09/06	<0,005	<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	<0,005
22/09	<0,005	<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	<0,005

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

Tabla 2. 19. Estación: CL 4
 Descripción: río Colorado altura Punto Unido – Margen izquierda

Latitud: S 37° 43' 32"
 Longitud: O 67° 45' 47"

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	<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	0,015(*)		<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]	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzof[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[1,2,3-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	<0,01	0,011	<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	<0,01	<0,01	<0,01
25/06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<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										
29/04	<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
12/08	<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 2. 20. Estación: CL 5
 Descripción: río Colorado altura Pasarela Medanita – Margen derecha

Latitud: S 38° 01' 35"
 Longitud: O 67° 52' 44"

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
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	<0,01	0,039
					(*) 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]	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzofa,h,j antraceno	Benzo[g,h,i,j] peflreñoa	Indeno[1,2,3-c,d] pireno	
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<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	<0,01	<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	<0,01
24/04	<0,01	<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	<0,01
14/08	<0,01	<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	<0,01
04/12	<0,01	<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	<0,005
07/05	<0,005	<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	<0,005
13/08	<0,005	<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	<0,005
26/11	<0,005	<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	<0,005
10/06	<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
23/09	<0,005	<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	<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	<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	
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]	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzof[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[1,2,3-c,d]pireno	
2003										
29/04	<0,005	<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	<0,005
12/08	<0,005	<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	<0,005
18/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
29/04 (1)	<0,005	<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	<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	<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	<0,005
18/11 (1)	<0,005	<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 2. 21. Estación: CL 6
 Descripción: descarga embalse Casa de Piedra – Margen derecha

Latitud: S 38° 12' 55"
 Longitud: O 67° 11' 04"

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	<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	0,014 (*)	<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	<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	<0,01	<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]	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenz[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[1,2,3-c,d] pireno	
2000	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
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	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
13/02	<0,01	<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	<0,01
26/06	<0,01	<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	<0,01
30/10	<0,01	<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	<0,01
2002	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
19/03	<0,005	<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	<0,005
26/06	<0,005	<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	<0,005
08/10	<0,005	<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	<0,005
2003	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
29/04	<0,005	<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	<0,005
12/08	<0,005	<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	<0,005
18/11	<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 2. 22. Estación: CL 7
 Descripción: río Colorado altura La Adela – Margen derecha
 Latitud: S 38° 59' 14" Longitud: O 64° 05' 32"

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(*)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
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	<0,01	<0,01(*)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2001						(*) Fenantreno + Antraceno				
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

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Fluoranteno	Pireno	Benzol[b+k]	Criseno	Benzof[a]antraceno	Benzof[a]pireno	Dibenzof[a,h]antraceno	Benzof[g,h,i]perileno	Indeno[1,2,3-c,d]pireno	
2000										
14/02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,15	<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	0,26	<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	<0,01	<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	<0,01
23/04	<0,01	<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	<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										
20/03	<0,005	<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	<0,005
26/06	<0,005	<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	<0,005
09/10	<0,005	<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	<0,005
2003										
30/04	<0,005	<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	<0,005
13/08	<0,005	<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	<0,005
19/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

2.5.4 *Discusión*

En el presente ciclo, al igual que en años anteriores, no se detectaron, en general, HAPs en las estaciones investigadas en el sistema del río Colorado. En aquellos casos aislados en los cuales hubo detección de alguno de los miembros del grupo, se comprobó que no implicaban ningún riesgo para la salud humana ni para la vida acuática, dada su naturaleza y las concentraciones en que fueron hallados.



A photograph of a dam with multiple spillways. Water is flowing through the spillways, creating white rapids. The dam structure is made of concrete and has a series of vertical supports. The background shows a hilly landscape with sparse vegetation. The image has a blue tint and a halftone dot pattern.

Calidad de los sedimentos de fondo

3. CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS DE FONDO: MONITOREO DE SUSTANCIAS TÓXICAS.

3.1 Sustancias investigadas

Se investigó en los sedimentos de fondo la presencia de 14 metales/metaloides en la fracción recuperable total (biodisponibles) y de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs), en relación con la protección de la vida acuática.

3.2 Muestreo de sedimentos de fondo

Se obtuvieron muestras de sedimentos de fondo en el embalse Casa de Piedra (a la altura de la cola y de la toma) y en el río Colorado aguas abajo del embalse, a la altura de Gobernador Duval. En la Tabla 3. 1. se describen las estaciones y en la Figura 3.1 se muestra su ubicación.

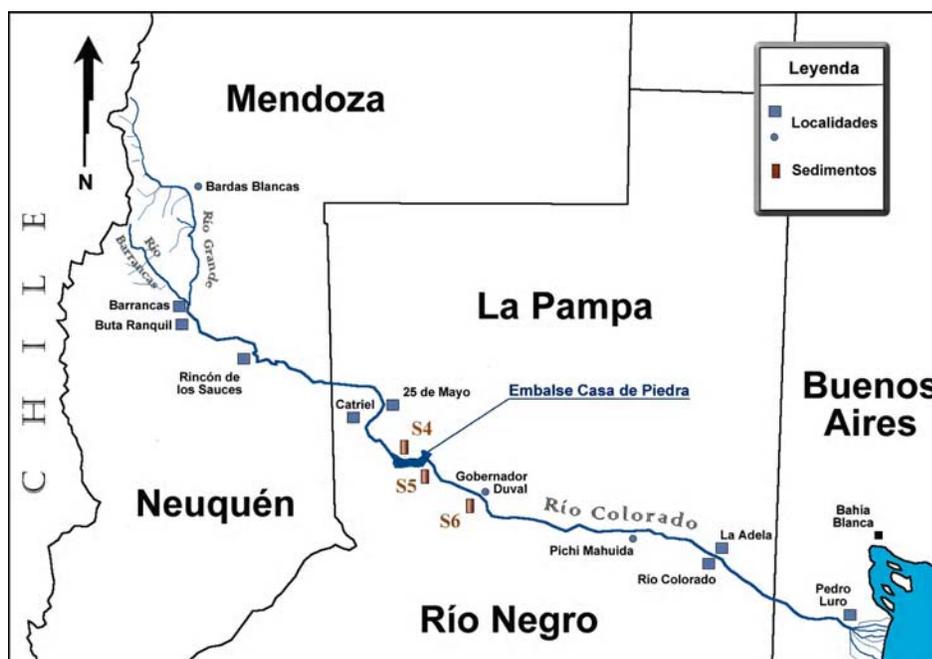


Figura 3.1 Ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos de fondo

Tabla 3. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos de fondo

Estación	Coordenadas	Profundidad de la columna de agua (m)
Cola embalse Casa de Piedra (sitio 1)	S 38° 11' 22" O 67° 39' 53"	0,4
Cola embalse Casa de Piedra (sitio 2)	S 38° 11' 27" O 67° 39' 58"	0,6
Toma embalse Casa de Piedra (sitio 1)	S 38° 13' 10" O 67° 12' 16"	20
Toma embalse Casa de Piedra (sitio 2)	S 38° 12' 52" O 67° 12' 07"	22
Toma embalse Casa de Piedra (sitio 3)	S 38° 12' 44" O 67° 11' 59"	26
Río Colorado (Gobernador Duval)	S 38° 44' 48" O 66° 25' 46"	-

En el embalse Casa de Piedra las muestras de sedimentos fueron extraídas desde una embarcación utilizándose una draga tipo Eckman. Del sedimento tomado por la draga se submuestreó, con implementos de vidrio previamente lavados con ácido nítrico 1+1, 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 de Gobernador Duval se utilizó un tubo acrílico (corer) de 5 cm de diámetro interno y 65 cm de largo. Se tomaron 22 muestras, extrayéndose de cada una de ellas sendas submuestras de los primeros 5 cm de sedimento. Las 22 submuestras se homogeneizaron en recipientes de vidrio previamente acondicionados y posteriormente se extrajeron porciones de 1kg para enviar a cada uno de los laboratorios.

Los elementos de muestreo fueron previamente lavados con ácido nítrico 1+1 y enjuagados con agua ultrapura. Para el análisis de metales y metaloides, las porciones de sedimentos fueron envasadas en bolsas de polietileno previamente lavadas con ácido nítrico 1+1 y enjuagadas con agua ultrapura. Para el análisis de HAPs las porciones fueron envasadas en bandejas de aluminio previamente enjuagadas con acetona grado cromatográfico. Las muestras fueron mantenidas en campo en conservadoras con hielo y posteriormente congeladas en freezer y enviadas en ese estado a los laboratorios.

Las tareas de muestreo, acondicionamiento y traslado estuvieron a cargo de la empresa Monitoreos Ambientales.

3.3 Análisis de metales y metaloides

Los análisis de metales y metaloides fueron llevados a cabo en el Laboratorio del Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN) perteneciente al Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

Para su análisis las muestras fueron sometidas a digestión ácida débil en horno a microondas de acuerdo a la norma EPA 3051. La fracción de metales/metaloides obtenida por este método preparativo corresponde a la designada como "recuperable total", la cual es considerada biodisponible.

Las determinaciones de bario, boro, cadmio, cinc, cobre, cromo, molibdeno, níquel, plata, plomo y vanadio fueron llevadas a cabo por espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo (ICP).

El mercurio fue analizado por espectrometría de absorción atómica por la técnica del vapor frío.

Las determinaciones de arsénico y selenio fueron llevadas a cabo por espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros.

Tabla 3.2 Técnicas y métodos analíticos empleados para el análisis de metales y metaloides en sedimentos de fondo.

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 7471a	0,05
Molibdeno	ICP	EPA 3051 - 6010 B	3
Níquel	ICP	EPA 3051 - 6010 B	5
Plata	ICP	EPA 3051 - 6010 B	2
Plomo	ICP	EPA 3051 - 6010 B	3
Selenio	A.A. por generación de hidruros	EPA 3051 – 6010B	0,6
Vanadio	ICP	EPA 3051 - 6010 B	3

A.A. : espectrometría de absorción atómica
ICP: espectrometría de emisión atómica por plasma

3.3.1 Calidad analítica

La verificación de la calidad analítica se llevó a cabo analizando, junto con las muestras de sedimentos, un material de referencia certificado (WQB-1 - Reference Sediment - National Water Research Institute, NWRI - Canada). El resultado del análisis de dicho material se muestra en la Tabla 3. 3.

Tabla 3. 3. Análisis de metales recuperables totales en el material de referencia WQB-1 (Reference Sediment) - National Water Research Institute (NWRI) - Canada

Metal/metaloide (µg/g)	Concentración certificada (µg/g)	Concentración hallada (µg/g)	Error ⁽¹⁾ %
Arsénico	23,1	22,7	-1,7
Bario	413	402	-2,7
Boro	77,3	75	-3,0
Cadmio	1,79	1,6	-10,6
Cinc	279	269	-3,6
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	61	-3,3
Plata	0,85	<1	-
Plomo	85,0	83,0	-2,4
Selenio	1,53	1,4	-8,5
Vanadio	107	103	-3,7

(1) Gaskin, J.E., 1993

3.3.2 Resultados

En las Tablas 3.4, 3.5 y 3.6 se muestran los resultados del análisis de metales/metaloides en la fracción recuperable total en muestras de sedimentos de fondo extraídas en el embalse Casa de Piedra y aguas abajo del mismo, a la altura de la localidad de Gobernador Duval. Se presentan también con fines comparativos los resultados obtenidos en años anteriores (COIRCO 2001, 2003).

Tabla 3. 4. Metales/metaloides ($\mu\text{g/g}$, 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/metaloides ($\mu\text{g/g}$)	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 3. 5. Metales/metaloides ($\mu\text{g/g}$, 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/metaloides ($\mu\text{g/g}$)	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 3.6. Metales/metaloide ($\mu\text{g/g}$, 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

3.3.3 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides en sedimentos de fondo fueron evaluados tomando como referencia los valores guía ISQG, Interim Sediment Quality Guideline para la protección de la vida acuática (Tabla 3.7) Canadian Sediment Quality for the Aquatic Life Protection publicados en Canadian Environmental Guidelines (CCME 2002).

Tabla 3.7. Valores guía para la calidad de sedimentos de agua dulce para la protección de la vida acuática (CCME 2002)

Elemento	Valor guía ($\mu\text{g/g}$)
Arsénico	5,9
Cadmio	0,6
Cinc	123
Cobre	35,7
Cromo	37,3
Mercurio	0,17
Plomo	35,0

Del análisis comparativo de los resultados obtenidos en los años 2000, 2002 y 2003, en relación con las concentraciones de los metales y metaloides investigados en las muestras de sedimentos de fondo extraídas en el embalse Casa de Piedra y en el río Colorado a la altura de Gobernador Duval, surgen las siguientes observaciones:

- A excepción del mercurio, molibdeno y plata, los restantes metales y metaloides investigados en los sedimentos de fondo extraídos en la cola del embalse han mostrado desde el año 2002 una tendencia al aumento en sus concentraciones con respecto a las observadas en el año 2000.
- Las concentraciones de metales y metaloides halladas en los muestreos realizados en la cola del embalse en los años 2002 y 2003 son similares entre sí y según los casos son de 2 a 4 veces superiores a las observadas en el año 2000.

- En los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse se observó, en el presente ciclo, una disminución en la concentración de metales y metaloides con respecto al año 2002. Los valores obtenidos fueron similares a los registrados en el año 2000 y en muchos casos inferiores.
- Las concentraciones de metales y metaloides observadas en el presente ciclo en los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo de la descarga del embalse Casa de Piedra (Gobernador Duval) fueron en la mayoría de los casos superiores a las registradas en el año 2002.

3.3.4. Discusión

Los resultados obtenidos en la investigación de metales y metaloides en sedimentos de fondo extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra en el presente ciclo son consistentes con los observados en el año 2002. En esa oportunidad se detectó un incremento en las concentraciones de esas sustancias, el cual fue adjudicado a los caudales excepcionales registrados en la cuenca en ese ciclo hidrológico. Este fenómeno determinó la erosión de márgenes y la remoción de sedimentos de fondo, con el consiguiente incremento en el transporte de material particulado hacia el embalse.

La disminución de las concentraciones de metales y metaloides en los sedimentos del sector de la toma del embalse podría estar vinculado a las características de la descarga del embalse y el posible arrastre de sedimentos de fondo.

El incremento en las concentraciones de metales y metaloides observado en las muestras extraídas en el río Colorado, aguas abajo de la descarga de Casa de Piedra, podría ser consecuencia de la disminución de las concentraciones de dichos elementos en los sedimentos en el sector de la toma del embalse.

3.4 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Los análisis de HAPs en sedimentos de fondo fueron llevados a cabo por cromatografía en fase gaseosa con detección por espectrometría de masa en el laboratorio CIC S.R.L. de Lomas del Mirador, Provincia de Buenos Aires.

Porciones de muestras de sedimentos, entre 68 y 84 g, previamente mezcladas con sulfato de sodio anhidro, fueron extraídas con diclorometano por sonicación durante tres horas. Los extractos de diclorometano de cada muestra se filtraron y se llevaron a sequedad a presión reducida, retomando luego en 5 mL de diclorometano. Se llevaron a cabo dos ensayos distintos para cada muestra, uno cualitativo de identificación y otro cuantitativo. Se inyectó en el cromatógrafo 1 µL del extracto para cada ensayo. 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.

3.4.1 Calidad analítica

Con el fin de evaluar la calidad analítica 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. La Tabla 3.8 muestra los porcentajes de recuperación obtenidos.

Tabla 3.8. Porcentajes de recuperación de HAPs en una muestra de sedimentos de fondo (extraída en el río Colorado a la altura de Gobernador Duval) adicionada con un estándar para dar una concentración de 1,77 µg/g de cada hidrocarburo.

Hidrocarburo	Concentración hallada (µg/g)		% Recuperación ⁽¹⁾
	Muestra adicionada	Muestra sin adición	
Naftaleno	0,595	<LC	33,4
Acenafteno	0,857	<LC	48,4
Acenaftileno	0,721	<LC	40,7
Fluoreno	1,056	<LC	59,7
Fenantreno	1,284	<LC	72,5
Antraceno	1,404	<LC	79,3
Fluoranteno	1,383	<LC	78,1
Pireno	1,487	<LC	84,0
Benzo[b]fluoranteno	1,182	<LC	66,8
Benzo[k]fluoranteno	1,470	<LC	83,1
Criseno	1,522	<LC	86,0
Benzo[a]antraceno	1,297	<LC	73,3
Benzo[a]pireno	1,722	<LC	97,3
Dibenzo[a,h]antraceno	1,166	<LC	65,9
Benzo[ghi]perileno	1,226	<LC	69,3
Indeno[1,2,3-cd]pireno	1,431	<LC	80,9

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

(1) Gaskin, J.E., 1993

3.4.2 Resultados

En las Tablas 3.9, 3.10 y 3.11 figuran los resultados del análisis de HAPs en sedimentos de fondo en el embalse Casa de Piedra y en el río Colorado aguas abajo de la descarga, obtenidos en el presente ciclo y comparados con los valores correspondientes a los muestreos efectuados en los años 2000 y 2002 (COIRCO 2001, 2003).

Tabla 3.9. HAPs (µg/g, peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra (años 2000, 2002 y 2003)

Hidrocarburo (µg/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 µg/g, a excepción de metilnaftalenos (0,020 µg/g) y dimetilnaftalenos, metilfenantrenos y dimetilfenantrenos (0,030 µg/g)

Tabla 3.10. 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[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 3.11. 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 $\mu\text{g/g}$)

3.4.3 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en sedimentos de fondo fueron evaluados tomando como referencia los valores guía (ISQG, Interim Sediment Quality Guideline) para la protección de la vida acuática (Tabla 3.12) Canadian Sediment Quality for the Aquatic Life Protection publicados en Canadian Environmental Guidelines (CCME 2002).

Tabla 3. 12. Valores guía para la calidad de los sedimentos de aguas dulces para la protección de la vida acuática (CCME 2002)

Hydrocarburo	Valor guía (µg/g, peso seco)
Acenafteno	0,00671
Acenaftileno	0,00587
Antraceno	0,0469
Benzo[a]antraceno	0,0317
Benzo[a]pireno	0,0319
Criseno	0,0571
Dibenzo[a,h]antraceno	0,00622
Fenantreno	0,0419
Fluoranteno	0,111
Fluoreno	0,0212
2-Metilnaftaleno	0,0202
Naftaleno	0,0346
Pireno	0,0530

3.4.4 Discusión

El análisis de HAPs en sedimentos de fondo extraídos en la cola y en la toma del embalse Casa de Piedra, ha puesto de manifiesto la ausencia de este tipo de sustancias. Hubo escasas detecciones de algunos miembros del grupo, pero estas fueron en concentraciones inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática. Los resultados obtenidos en el presente ciclo son consistentes con los observados en años anteriores y permiten concluir que los sedimentos de fondo del embalse no se encuentran afectados por la presencia de este tipo de hidrocarburos.

Los resultados obtenidos con los sedimentos de fondo del río Colorado aguas abajo de la descarga del embalse, son similares a los observados en el ciclo anterior (año 2002) e indican también la ausencia de HAPs.

A photograph of a dam with multiple spillways. Water is cascading down the spillways, creating large white rapids. The dam structure is made of concrete and has a series of vertical supports. The background shows a hilly landscape with sparse vegetation. The image has a blue tint and a halftone dot pattern.

Investigación de Sustancias Tóxicas en músculo de peces

4. INVESTIGACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN MÚSCULO DE PECES

4.1 Sustancias investigadas

Se investigó la presencia de metales y metaloides (14 elementos) y de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el sistema del río Colorado, con el objeto de verificar la aptitud para el consumo humano.

4.2. Muestreo de peces

Se llevaron a cabo capturas de peces en el río Colorado (Desfiladero Bayo) y en el embalse Casa de Piedra. Las tareas de muestreo estuvieron a cargo de la empresa Monitoreos Ambientales. En el río las capturas se hicieron en cercanías del puente de Desfiladero Bayo. En la cola del embalse Casa de Piedra se realizaron pescas en dos sitios ubicados en ambas márgenes. En la Tabla 4.1 y Figura 4.1 se indican las estaciones de muestreo.

Tabla 4. 1. Estaciones de muestreo de peces en el río Colorado (Desfiladero Bayo) y en el embalse Casa de Piedra (cola)

Sitio de muestreo	Coordenadas	Descripción
Río Colorado (Desfiladero Bayo)	S 37° 21' 56" O 69° 00' 55"	La actividad de pesca se realizó en las cercanías del 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' 18")
	S 38° 12' 14" O 67° 37' 29"	Sitio de pesca con redes en la margen izquierda del embalse, dista 2,73 km en línea recta desde el embarcadero. (S 38° 12' 35" O 67° 39' 18")

Con el fin de incrementar la posibilidad de captura se utilizaron tres métodos de pesca distintos. Los mismos fueron redes, espinel y pesca eléctrica (Sauval, R., Muestreo de Peces en el Río Colorado - Embalse Casa de Piedra, Septiembre 2003).

Redes

La unidad de muestreo con redes fue una batería de redes agalleras (Fukui Fishing Net Co. Ltd.), compuesta por siete paños armados de distinto tamaño de malla según el detalle que figura en la Tabla 4.2.

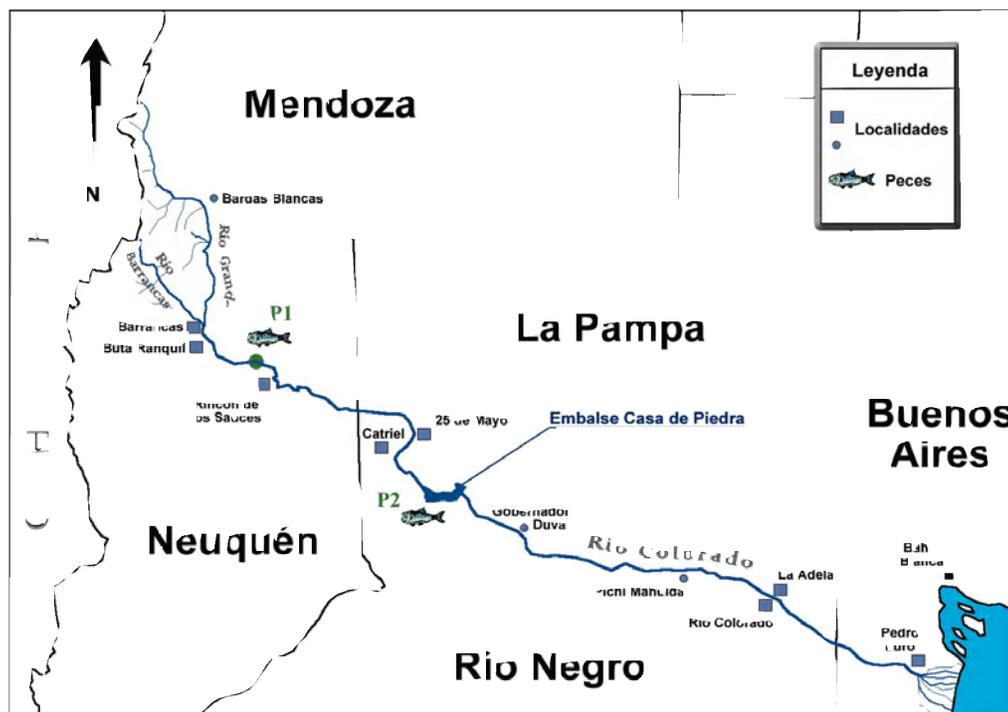


Figura 4.1. Estaciones de muestreo de peces en el sistema del río Colorado

Tabla 4. 2. Composición de la batería de redes agalleras empleadas para las capturas de peces en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra

Paño	Hilo	Malla armada (mm)	Altura del paño armado (m)	Largo del paño armado (m)
1	3	15	1,10	25
2	3	21	1,47	25
3	3	25	1,00	25
4	3	30	1,20	25
5	4	35	1,48	25
6	6	40	1,22	25
7	4	50	3,36	25

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

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

Se realizó el calado de las redes durante el día y se recorrieron las mismas varias veces para extraer los ejemplares capturados. Posteriormente se dejaron las redes durante la noche y se las recorrió nuevamente al día siguiente.

Pesca eléctrica

Se utilizó un aparato de pesca eléctrica 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. Se realizaron muestreos a pie y desde la embarcación.

La eficiencia de este método es muy baja en aguas turbias dado que, para la captura de los ejemplares atraídos por el cátodo, es necesario una buena visibilidad dentro del agua.

Este método se empleó en las dos estaciones de muestreo. En Desfiladero Bayo se obtuvieron capturas de pequeños pejerreyes, un bagre de torrentes y una perquita espinuda juvenil. Se seleccionaron para la extracción de los músculos dorsales los pejerreyes mayores (9 ejemplares). Los individuos restantes, incluidos los de las otras especies, fueron devueltos al agua pues no eran de utilidad a los fines del estudio.

En el embalse Casa de Piedra (cola) se realizó el muestreo en aguas someras, desde la embarcación. El objetivo fue intentar obtener ejemplares de carpa, ante la escasa presencia de esta especie en la captura de las redes. Los resultados fueron negativos.

Espinel

En el río Colorado (Desfiladero Bayo) se utilizó un espinel con anzuelos de tamaño 4, con el objetivo de obtener ejemplares de bagre otuno, especie presente en el área pero que difícilmente se enmalla debido sus hábitos bentónicos. Por este medio se logró la captura de dos ejemplares de esta especie.

Datos generales de las capturas

En el río Colorado (Desfiladero Bayo), al igual que en los tres muestreos anteriores, las capturas obtenidas indican que la densidad de peces en este sector es baja. Se capturaron ejemplares de dos especies no observadas hasta el momento en esta estación: pejerrey bonaerense y bagre de torrentes (en ambos casos mediante electropesca). En esta oportunidad no se detectó la presencia de carpas y percas boconas. No se observaron signos de ectoparasitosis (crustáceos Lerneidos) como en años anteriores. El estado sanitario de los peces capturados fue bueno.

En el embalse Casa de Piedra el pejerrey bonaerense continúa siendo la especie casi excluyente. El tamaño promedio fue similar al registrado en el año 2002 y, en general, los peces presentaban un muy buen factor de condición. No se observaron evidencias de ectoparasitosis. Se repitió una situación similar a la del muestreo anterior en cuanto a la baja diversidad íctica, con una presencia muy escasa de carpas y ausencia total de percas.

En la tabla 4.3 se puede visualizar el esfuerzo de pesca realizado en cada estación de muestreo.

Tabla 4.3. Esfuerzos de pesca realizados en las estaciones de muestreo con cada uno de los métodos de pesca empleados

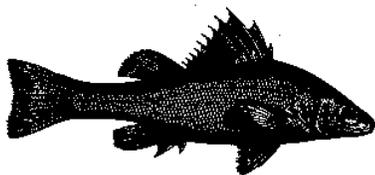
Sitio de muestreo	Redes	Pesca eléctrica	Espinel
Río Colorado (Desfiladero Bayo)	15/09/2003 (7 h) 16/09/2003 (24 h)	16/09/2003 (1 h)	16/09/2003 (24 h) 17/09/2003 (10 h)
Cola embalse Casa de Piedra	17/09/2003 (6 h) 18/09/2003 (19 h)	18/09/2003 (1 h)	no se utilizó

En la Tabla 4.4 figuran las especies de peces capturadas y submuestreadas en el presente ciclo de estudio.

Tabla 4. 4. Especies capturadas en el río Colorado (Desfiladero Bayo) y en el embalse Casa de Piedra (cola)

Nombre común	Nombre científico
Pejerrey bonaerense	Odontesthes bonariensis
Perquita espinuda	Percichthys altispinnis
Carpa	Cyprinus carpio
Bagre otuno	Diplomystes viedmensis

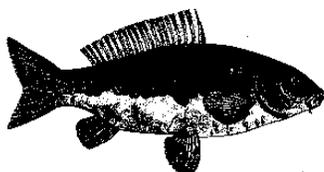
Perquita espinuda



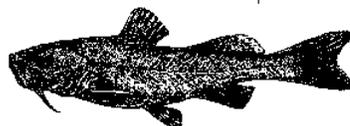
Pejerrey bonaerense



Carpa



Bagre otuno



Una vez obtenidos los peces fueron medidos (Largo Total, precisión 1 mm) y pesados (Peso Fresco Total, precisión 2 g).

Inmediatamente después de la pesada, se realizó la disección de cada ejemplar extrayendo dos porciones de los paquetes musculares dorsales (axiales) mediante la utilización de cuchillos plásticos.

Para cada especie íctica capturada, una de las porciones musculares se guardó en una bandeja de aluminio o papel del mismo material, lavados con acetona de alta pureza (grado cromatográfico) destinándose al análisis de HAPs, mientras que la porción restante se almacenó en una bolsa de polietileno, lavada con ácido nítrico 1+1 y enjuagada con agua ultrapura, reservándose para el análisis de metales y metaloides.

A continuación, las muestras fueron colocadas en una heladera portátil conteniendo hielo seco (-22°C) para su conservación en campo, pasándose las luego a un freezer donde se almacenaron hasta su envío en estado de congelación a los respectivos laboratorios.

Descripción de las capturas

Se capturó un total de 130 ejemplares de las distintas especies indicadas en la Tabla 4.4. En el río Colorado (Desfiladero Bayo) fueron capturadas 51 piezas (25 pejerreyes bonaerenses mediante pesca eléctrica; 23 perquitas espinudas: 22 con redes y 1 con pesca eléctrica; 2 bagres otunos mediante espinel; 1 bagre de los torrentes con pesca eléctrica). En el embalse Casa de Piedra se obtuvieron 79 ejemplares (77 pejerreyes bonaerenses y 2 carpas mediante redes).

Los datos correspondientes a los ejemplares de peces a los cuales se les extrajo el músculo dorsal para su análisis figuran en la Tabla 4.5.

Tabla 4. 5. Tallas y pesos de las especies capturadas cuyo músculo dorsal fue muestreado para el análisis de metales/metaloides y HAPs.

Especie		Río Colorado (Desfiladero Bayo)		Embalse Casa de Piedra (cola)	
		Talla (mm)	Peso húmedo (g)	Talla (mm)	Peso húmedo (g)
Pejerrey bonaerense	n	9		20	
	media	117,4	9,0	288,6	401,7
	s	18,6	5,1	17,3	187,5
	máximo	153	20,1	327	734
	mínimo	100	5,1	261	62
Perquita espinuda	n	22		-	
	media	174,7	70,0	-	-
	s	39,7	33,9	-	-
	máximo	261	94	-	-
	mínimo	117	46	-	-
Carpa	n	-		2	
	media	-	-	537,5	1.666
	s	-	-	-	-
	máximo	-	-	538	1.672
	mínimo	-	-	537	1.660

n: número de ejemplares por especie; s: desvío estándar - Tomado de Sauval, R.H., 2003, *Muestreo de peces en el Río Colorado (Desfiladero Bayo) – Embalse Casa de Piedra*, Septiembre de 2003 – Informe de Campaña

4.3 Análisis de metales y metaloides

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).

Para el análisis de estas sustancias las muestras fueron sometidas previamente a digestión multiácida (Método EPA 200.3). Las determinaciones fueron llevadas a cabo mediante las técnicas y métodos analíticos que, junto con los correspondiente límites de cuantificación, figuran en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Técnicas y métodos analíticos empleados en el análisis de metales y metaloides en músculo de peces y sus correspondientes límites de cuantificación

Analito	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 electrotrémica	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 frio	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

A.A: espectrometría de absorción atómica ICP: espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo.

4.3.1. Calidad analítica

La calidad analítica en las determinaciones de metales y metaloides en músculo de peces, fue evaluada analizando, junto con el lote de muestras, un material de referencia certificado (DORM-2 – National Research Council Canada, NRC). La Tabla 4.7 muestra las concentraciones totales halladas, expresadas en base a peso seco, en comparación con los valores de referencia certificados y el porcentaje de error en la determinación de cada elemento.

Tabla 4.7. Análisis del Material de Referencia Certificado DORM-2 – National Research Council Canada (NRC)

Elemento	Valores de referencia certificados ($\mu\text{g/g}$) ⁽¹⁾	Concentración hallada ($\mu\text{g/g}$)	% Error ⁽²⁾
Antimonio	no disponible	-	-
Arsénico	18,0 \pm 1,1	17	(-) 5,5
Bario	no disponible	-	-
Cadmio	0,043 \pm 0,008	<0,1	-
Cinc	25,6 \pm 2,3	25,1	(-) 1,95
Cobre	2,34 \pm 0,16	2,4	(+) 2,56
Cromo	34,7 \pm 5,5	34,0	(-) 2,01
Hierro	142 \pm 10	137	(-) 3,52
Mercurio	4,64 \pm 0,26	4,38	(-) 5,60
Molibdeno	no disponible	-	-
Níquel	19,4 \pm 3,1	18,9	(-) 2,58
Plata	0,041 \pm 0,013	<0,3	-
Plomo	0,065 \pm 0,007	<0,15	-
Selenio	1,40 \pm 0,09	1,3	(-) 7,14

(1) Las incertidumbres corresponden a un nivel de confianza del 95%

(2) Gaskin, J.E., 1993

4.3.2 Valores guía

Para la evaluación de los resultados obtenidos se tomaron como referencia los límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos del Código Alimentario Argentino y de SENASA (1994). indicados en la tabla 4.8

Tabla 4.8. Límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos en peces y productos de la pesca (Código Alimentario Argentino y SENASA)

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

(*) Código Alimentario Argentino

(**) SENASA

4.3.3 Resultados

En las Tablas 4.9 y 4.10 figuran los resultados obtenidos en el análisis de metales/metaloideos en muestras de músculo dorsal de las diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (Desfiladero Bayo) y en el embalse Casa de Piedra. Se incluyen con fines comparativos los registros de años anteriores (COIRCO 2001, 2002, 2003)



Tabla 4.9 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	n	Metal/metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo)													
		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Niquel	Plata	Plomo	Selenio
2000															
Perca bocona	2	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	5,7	<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	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	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	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	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	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	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	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	36	<0,05	<0,2	0,8	<0,3	<0,15	<0,4	

Tabla 4. 10. 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	n	Metal/metaloide ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo)													
		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Niquel	Plata	Plomo	Selenio
2000															
Pejerrey bonaerense	23	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	4,7	<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	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	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	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	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	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	18	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	0,7	
Carpa	7	<0,2	<0,2	0,5	<0,1	12,7	1,8	48	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	1,0	
Perca bocona	1	<0,2	<0,2	0,7	<0,1	2,6	1,7	4,0	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4	
2003															
Pejerrey bonaerense	20	<0,2	<0,2	0,2	<0,1	13,0	1,7	9,0	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4	
Carpa	2	<0,2	<0,2	0,3	<0,1	6,6	1,3	45	0,38	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4	

4.3.4 Discusión

Al igual que en años anteriores, sólo se obtuvo el número de ejemplares (20) recomendados para este tipo de estudio (Ministry of Environment and Energy 2000) para perquita espinuda en Desfiladero Bayo y para pejerrey bonaerense en el embalse Casa de Piedra. Para carpa, bagre otuno y pejerrey bonaerense capturado en Desfiladero Bayo el número de piezas fue insuficiente para elaborar conclusiones definitivas.

Las concentraciones de metales y metaloides halladas en las diferentes especies de peces, de acuerdo a las normas, no implican restricciones al consumo.

4.4 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Los análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares en músculo de peces fueron llevados a cabo mediante cromatografía en fase gaseosa con detección por espectrometría de masas en el laboratorio CIC SRL de Lomas del Mirador, Provincia de Buenos Aires.

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

La extracción se hizo dentro de cartuchos tipo Soxhlet, para evitar tener que filtrar posteriormente. Las fracciones de diclorometano para cada muestra se pasaron por una pequeña columna de alúmina para eliminar la mayor parte de la materia grasa disuelta. 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 de cada porción de muestra. Se inyectó 1 µL en el cromatógrafo para cada ensayo (2 distintos para cada muestra: cualitativo de identificación y cuantitativo para aromáticos polinucleares).

4.4.1 Calidad analítica

Con el fin de determinar la calidad analítica fue analizada una muestra de músculo dorsal de perquita espinuda adicionada con un estándar de HAPs que contenía los siguientes compuestos: naftaleno, acenafteno, acenaftileno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo[a]antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, benzo[a]pireno, dibenzo[a,h]antraceno, benzo[g,h,i]perileno e indeno[1,2,3-cd]pireno. A 22,9643 g de la muestra se le adicionó un pequeño volumen de solución estándar que contenía 20 µg de cada HAP. En la Tabla 4.11 se muestran los porcentajes de recuperación obtenidos en el ensayo.

Tabla 4. 11. Porcentajes de recuperación de HAPs en una muestra de músculo de perquita espinuda, capturada en Desfiladero Bayo, adicionada con un estándar para dar una concentración de 0,8709 µg/g (peso húmedo)

Hidrocarburo	Muestra adicionada(µg/g)	Muestra sin adición(µg/g)	% Recuperación ⁽¹⁾
Naftaleno	0,965	0,239	83,4
Acenafteno	0,668	<LC	76,7
Acenaftileno	0,716	0,013	80,7
Fluoreno	0,661	0,017	73,9
Fenantreno	0,782	0,122	75,8
Antraceno	0,701	0,013	79,0
Fluoranteno	0,623	0,018	69,5
Pireno	0,604	<LC	69,4
Benzo[b]fluoranteno	0,446	<LC	51,2
Benzo[k]fluoranteno	0,463	<LC	53,2
Criseno	0,510	<LC	58,6
Benzo[a]antraceno	0,504	<LC	57,9
Benzo[a]pireno	0,488	<LC	56,0
Dibenzo[a,h]antraceno	0,443	<LC	50,9
Benzo[ghi]perileno	0,463	<LC	53,2
Indeno[1,2,3-cd]pireno	0,456	<LC	52,4

Límite de cuantificación: 0,010 µg/g. Para el cálculo de los porcentajes de recuperación los valores inferiores al límite de cuantificación (LC) fueron considerados iguales a cero.

(1) Gaskin, J.E., 1993

4.4.2 Valores guía

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 "Risk Assessment and Fish Consumption Limits" (US EPA 2000)

4.4.3 Resultados

En las Tablas 4.12 y 4.13 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en músculo de diferentes especies de peces capturados en el sistema del río Colorado. Con fines comparativos se incluyen los registros correspondientes a años anteriores (COIRCO 2001, 2002, 2003).

Tabla 4. 12. 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	<0,040	<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	0,0902	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
Bagre otuno	1	0,344	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0475	0,0206	0,0659	0,0902	0,0902	<0,040	<0,040	<0,040	<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	<0,040	<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	<0,040	<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	<0,040	<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	<0,040	<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	0,083	0,059	0,083	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	0,077	0,094	0,077	0,077	<0,040
Bagre otuno	2	0,203	<0,010	<0,010	0,026	0,195	<0,010	0,052	0,083	0,137	0,137	0,083	0,137	0,137	0,060

Tabla 4. 12 (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	Dibenzof[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i,j] perileno	Indeno[1,2,3-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	<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	<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	<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	<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	<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	<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	<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	<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	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	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

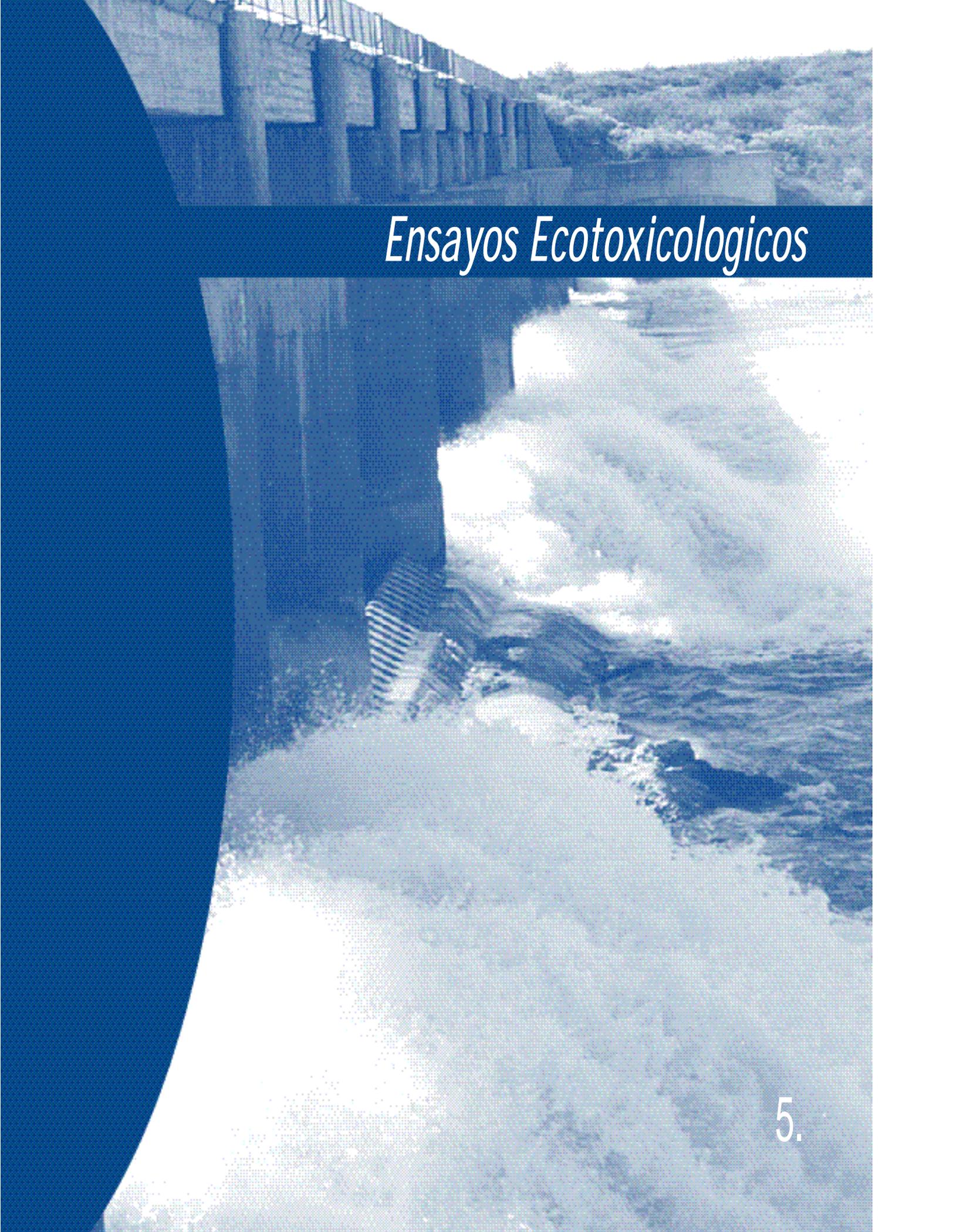
Tabla 4. 13 (continuación)

Año/especie	n	Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (µg/g, peso húmedo)															
		Fluoranteno	Pireno	Benzofl[b] fluoranteno	Benzofl[k] fluoranteno	Criseno	Benzofl[a] antraceno	Benzofl[a] pireno	Dibenzofl[a,h] antraceno	Benzofl[g,h,i,j] perileno	Indenofl[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	<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	<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	<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	<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	<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	<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	<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	<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	<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	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

4.4.4 *Discusión*

Los HAPs detectados en el músculo dorsal de las especies de peces capturadas, por su naturaleza y concentración, no involucran un riesgo para la salud humana, por lo que no sería necesario recomendar restricciones al consumo.





Ensayos Ecotoxicológicos

5.

5. ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS

Con el fin de confirmar y complementar los resultados obtenidos en el monitoreo de sustancias tóxicas en agua y sedimentos, se llevaron a cabo ensayos de ecotoxicidad crónica con estas matrices. Dichos ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Ecotoxicología de la Universidad Nacional de Luján y consistieron en:

- Ensayos con agua empleando *Daphnia magna* (microcrustáceo del zooplancton dulceacuícola)
- Ensayos con sedimentos de fondo empleando *Hyalella curvispina* (crustáceo bentónico dulceacuícola)
- Ensayos con sedimentos de fondo empleando *Vallisneria spiralis* (planta macrófita acuática enraizada)

Los ensayos con *Daphnia magna* fueron realizados durante 21 días, registrándose como variables la supervivencia y la tasa neta de reproducción de las poblaciones expuestas a muestras de agua del río Colorado extraídas en áreas con posible impacto antrópico.

Los ensayos con *Hyalella curvispina* y *Vallisneria spiralis* se efectuaron con muestras de sedimentos de fondo extraídas en el embalse Casa de Piedra. Las variables registradas en los ensayos con *Hyalella* fueron la supervivencia y el crecimiento, al cabo de 10 días, de las poblaciones expuestas a las muestras de sedimentos. Por su parte, para *Vallisneria spiralis* las variables registradas luego de 10 días de exposición a las muestras de sedimentos evaluadas, fueron el incremento de la biomasa, obtenido mediante el conteo del número de hojas y raíces nuevas y la determinación del contenido de clorofila "a". Adicionalmente, se determinó la actividad enzimática guaiacol peroxidasa en ejemplares de esta última especie (controles y expuestas) como un instrumento para la detección temprana de actividad ecotóxica en el medio.

5.1 Muestreos de agua y sedimentos de fondo

Las tareas de muestreo se hicieron según las instrucciones dadas por la Universidad de Luján, a través de la empresa Monitoreos Ambientales.

Para la realización de los ensayos ecotoxicológicos con agua se extrajeron, en cada uno de los sitios seleccionados, muestras de 20 L, las cuales fueron envasadas en bidones de plástico de 5 L de capacidad, 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, tomando los recaudos necesarios para su arribo al laboratorio dentro de las 48 h.

Los muestreos de agua fueron llevados a cabo en las estaciones que se indican en la Tabla 5.1 y Figura 5.1.

Tabla 5. 1. Estaciones de muestreo de agua en el río Colorado (*) para ensayos ecotoxicológicos

Estación	Sitio	Coordenadas
CL 3	Desfiladero Bayo	S 37° 21' 56" - O 69° 00' 55"
CL 4	Punto Unido	S 37° 43' 32" - O 67° 45' 47"

(*) Corresponden a las estaciones de monitoreo de calidad de aguas.

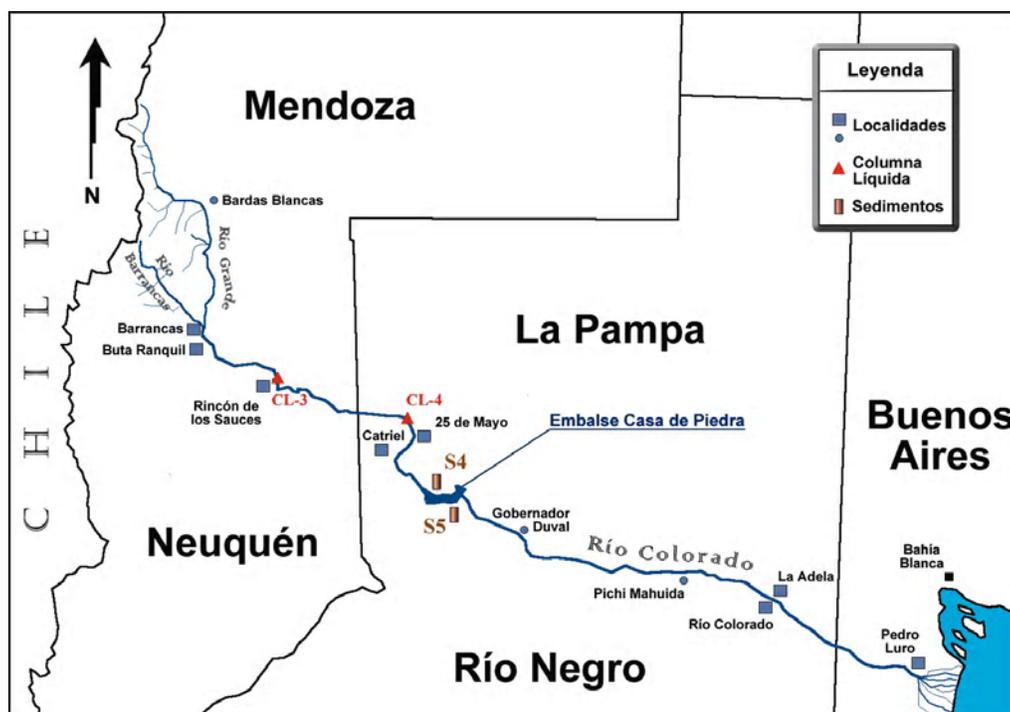


Figura 5.1. Estaciones de muestreo de agua y de sedimentos de fondo para ensayos ecotoxicológicos

Las muestras de sedimentos en el embalse Casa de Piedra fueron obtenidas desde una embarcación, empleándose una draga tipo Eckman. A partir de las porciones de sedimentos extraídas con la draga en cada sitio se obtuvieron submuestras, mediante implementos de vidrio previamente lavados, de partes del sedimento que no habían entrado en contacto con las paredes de 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.

Los muestreos de sedimentos fueron llevados a cabo en las estaciones cuya ubicación se muestra en la Figura 5.1 y se detalla en la Tabla 5.2.

Tabla 5. 2. Estaciones de muestreo de sedimentos de fondo para ensayos ecotoxicológicos en el embalse Casa de Piedra

Sitio	Coordenadas	Profundidad de la columna de agua (m)
Cola embalse Casa de Piedra (sitio 1)	S 38° 11' 22" O 67° 39' 53"	0,4
Cola embalse Casa de Piedra (sitio 2)	S 38° 11' 27" O 67° 39' 58"	0,6
Toma embalse Casa de Piedra (sitio 1)	S 38° 13' 10" O 67° 12' 16"	20
Toma embalse Casa de Piedra (sitio 2)	S 38° 12' 52" O 67° 12' 07"	22
Toma embalse Casa de Piedra (sitio 3)	S 38° 12' 44" O 67° 11' 59"	26

5.2 Descripción de los ensayos

(Tomado de Tortorelli, María del Carmen; Alberdi, José Luis; Saenz, María Elena; 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 2003, Subprograma Calidad del Medio Acuático - Informe de Resultados)

5.2.1 Ensayos con agua

Los ensayos de ecotoxicidad crónica preliminares y definitivos empleando *Daphnia magna* 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, Pesticides and Toxic Substances, 7101, EPA – 712-C-96-120: 1-10)

A partir de los resultados obtenidos a lo largo del período de exposición (21 días), se llevó a cabo un procedimiento estadístico de comprobación de la hipótesis nula de que las respuestas observadas en las distintas condiciones de exposición resultan ser iguales a las registradas en controles no expuestos.

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo mediante el test de Shapiro-Wilk para normalidad de los datos, test de Bartlett para homogeneidad de varianzas, test exacto de Fisher, ANOVA de una vía y test de Dunnett para la comprobación de la hipótesis nula indicada.

5.2.2 Ensayos con sedimentos de fondo

Los ensayos con *Hyalella curvispina* fueron llevados a cabo según el protocolo recomendado por U.S. Environmental Protection Agency (1996, Ecological Effects test Guidelines, OPPTS 850.1735, Whole sediment toxicity invertebrates, freshwater, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, 7101, EPA 712-C-96-354)

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.

Los ensayos con *Vallisneria spiralis* se llevaron a cabo de acuerdo a las recomendaciones indicadas en Biernacki et al., 1997, Laboratory assay of sediment phytotoxicity using the macrophyte *Vallisneria spiralis*, Environ. Toxicol. And Chem. 16 (3): 472-478). Consistieron en la determinación de la proporción de hojas nuevas y del contenido de clorofila *a* como estimadores de la generación de biomasa. La concentración de clorofila *a* se determinó mediante la técnica fluorométrica, con lectura de extractos de clorofila en acetona *in vitro*.

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)

Los ejemplares de *Vallisneria spiralis* fueron plantados en recipientes conteniendo los sedimentos a ensayar. 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

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo mediante el test de Shapiro-Wilk para normalidad de los datos, test de Bartlett para homogeneidad de varianzas, ANOVA de una vía y test de Dunnett para el ensayo de hipótesis.

5.3 Resultados

5.3.1 Ensayos con agua

5.3.1.1. Porcentaje de supervivencia

En la Tabla 5.3 se muestran los porcentajes de supervivencia en una población de *Daphnia magna* registrados en los ensayos con las muestras de agua extraídas en el mes de septiembre de 2003. En dichas tablas F es el valor crítico de Fisher, para un nivel de significación de 0,05, el cual se obtiene de tablas, en tanto que b es el parámetro de Fisher que surge por cálculo a partir de los resultados de los ensayos. Si b es mayor que F no existe diferencia significativa entre el control y el tratamiento considerado a un nivel de significación de 0,05 (Laboratorio de Ecotoxicología – Universidad Nacional de Luján).

Tabla 5.3. Porcentajes de supervivencia observados en una población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días a muestras de agua extraídas en el río Colorado

MUESTRA	SUPERVIVENCIA (%)	F ⁽¹⁾ ($\alpha = 0,05$)	b ⁽²⁾
Control ⁽³⁾	100 (± 0)	-	-
Desfiladero Bayo	100 (± 0)*	N.D.	N.D.
Punto Unido	100 (± 0)*	N.D.	N.D.

Los resultados obtenidos indican que las muestras analizadas **no resultan ejercer efecto tóxico crónico significativo**, respecto de los controles sobre la supervivencia de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días, en las condiciones de los ensayos

5.3.1.2 Tasa neta de 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 indican en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Tasa Neta de Reproducción (expresada como el número promedio de progenie hembra capaz de ser producida por cada hembra de la población durante toda su vida) calculada en una población de *Daphnia magna*, como consecuencia de la exposición crónica, durante 21 días, a una concentración del 100% de cada una de las muestras (los resultados representan el promedio de cuatro réplicas por tratamiento y control)

MUESTRA	TASA NETA DE REPRODUCCIÓN ⁽¹⁾ (N° promedio de progenie hembra/hembra)
Control ³	99,507 (± 3,165) ²
Desfiladero Bayo	97,650 (± 3,019) *
Punto Unido	96,630 (± 3,158) *

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

² Los valores entre paréntesis representan la desviación 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 **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.

5.3.2 Ensayos con sedimentos de fondo

5.3.2.1 Ensayos con *Hyalella curvispina*

La Tabla 5.5 muestra los porcentajes de mortalidad y el crecimiento, medido como longitud total, registrados como resultado de la exposición de una población de *Hyalella curvispina*, durante 10 días a las muestras de sedimentos enteros extraídos en el embalse Casa de Piedra el mes de septiembre de 2003, en relación con los controles. Los resultados para cada muestra representan el promedio de 3 réplicas por tratamiento.

Tabla 5. 5. 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%) extraídas en el embalse Casa de Piedra en septiembre de 2003.

MUESTRA	MORTALIDAD (%)	LONGITUD TOTAL (mm)
Control ¹	115,00 (± 10,00) ²	1118,21 (± 56,24)
Toma del embalse Casa de Piedra	10,00 (± 13,23) *	1126,75 (± 46,13) *
Cola del embalse Casa de Piedra	25,00 (± 5,00) *	1006,56 (± 40,47) *

¹ Población control, mantenida durante 10 días en las condiciones indicadas para el ensayo en sedimento standard y agua de dilución, en ausencia de muestra.

² Los valores entre paréntesis representan el desvío standard 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, $p = 0,05$).



Hyalella curvispina

Los resultados obtenidos indican que **no se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos** de los sedimentos sobre la sobrevivencia y el crecimiento, medido como longitud total, de las poblaciones de *Hyalella curvispina* expuestas durante diez días, en las condiciones de los ensayos

5.3.2.2 Ensayos con *Vallisneria spiralis*

a. Estimación de la generación de biomasa

En la Tabla 5.6 se presentan la proporción de hojas nuevas (en porcentaje) como estimadores de la generación de biomasa, y el 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 el embalse Casa de Piedra en el mes de septiembre de 2003.

Tabla 5.6. Proporción de hojas nuevas (%) y contenido de clorofila a en una población de *Vallisneria spiralis* expuesta durante 10 días a sedimentos enteros del embalse Casa de Piedra (promedio de tres réplicas)

MUESTRA	PROPORCIÓN DE HOJAS NUEVAS (%)	CONTENIDO EN CLOROFILA a (mg /g peso fresco)
Control ¹	42,5 (± 0,23) ²	261,5 (± 23,5)
Toma del embalse Casa de Piedra	38,0 (± 0,11)*	283,0 (± 51,0)*
Cola del embalse Casa de Piedra	33,7 (± 0,09)*	370,5 (± 63,5)*

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

2 Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de proporción de hojas nuevas (%) y contenido en 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 = 0,05).

Los resultados obtenidos indican que **no se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos de los sedimentos analizados 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.

b. Evaluación de la actividad enzimática guaiacol peroxidasa

En la Tabla 5.7 se presenta la actividad guaiacol peroxidasa observada como resultado de la exposición durante 10 días de una población de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento extraídas en el embalse Casa de Piedra. Los resultados para cada muestra representan el promedio de 3 réplicas por tratamiento.

Tabla 5. 7. Actividad de guaiacol peroxidasa (micromol de guaiacol catalizado por minuto de reacción por mg de proteína) en una población de *Vallisneria spiralis* expuesta durante 10 días a muestras de sedimento entero extraídas en el embalse Casa de Piedra en el mes de septiembre de 2003.

MUESTRA	ACTIVIDAD GUAIACOL PEROXIDASA (Mm Guaiacol/min/mg proteína)
Control ¹	0,0767 (\pm 0,0186) ²
Toma del embalse Casa de Piedra	0,0501 (\pm 0,01526)
Cola del embalse Casa de Piedra	0,1152 (\pm 0,0006) *

1 Población control, mantenida durante 10 días en las condiciones indicadas para el ensayo en sedimento standard 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).



Vallisneria spiralis

Los resultados registrados permiten observar **la ausencia de diferencias significativas** entre los valores de la actividad guaiacol peroxidasa registrada en los ejemplares expuestos a los sedimentos de la Toma del embalse Casa de Piedra, evaluados respecto de los controles no expuestos. Por el contrario, **se observa una diferencia significativa** entre los valores de la actividad guaiacol peroxidasa registrada en los ejemplares expuestos a los sedimentos de la Cola del embalse Casa de Piedra, evaluados respecto de los controles no expuestos.

5.4 Conclusiones

De los resultados expuestos, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- En las condiciones de los ensayos, **no se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos**, en relación a los controles, sobre la **sobrevivencia y reproducción** de la población del microcrustáceo del zooplancton dulceacuícola *Daphnia magna*, como resultado de la exposición durante 21 días, a las muestras de agua de las estaciones CL 3 (Desfiladero Bayo) y CL 4 (Punto Unido) extraídas en el mes de septiembre de 2003.
- En las condiciones de los ensayos, **no se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos**, en relación a los controles, sobre la **sobrevivencia y crecimiento** (medido como longitud total media) de las poblaciones del crustáceo bentónico dulceacuícola *Hyalella curvispina*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de las estaciones Toma y Cola del embalse Casa de Piedra, en el mes de septiembre de 2003.
- En las condiciones de los ensayos, **no se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos**, en relación a los controles, sobre la **generación de hojas nuevas y contenido de clorofila a**, considerados como estimadores de la biomasa, de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras de sedimento entero extraídas de las estaciones Toma del embalse Casa de Piedra y Cola del embalse Casa de Piedra, en el mes de septiembre de 2003.
- En las condiciones de los ensayos, **no se han registrado efectos significativos** sobre la **actividad enzimática guaiacol peroxidasa**, respecto de los controles, de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de la estación Toma del embalse Casa de Piedra, en el mes de septiembre de 2003.
- En las condiciones de los ensayos, **se han registrado efectos significativos sobre la actividad enzimática guaiacol peroxidasa**, respecto de los controles, de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras de sedimento entero extraídas de la estación Cola del embalse Casa de Piedra, en el mes de septiembre de 2003. Sin embargo, se requiere mayor análisis para asignar la diferencia significativa de actividad registrada en la mencionada estación a una detección temprana de efectos ecotóxicos.

5.4.1. Análisis comparativo

En las Tablas 5.8, 5.9 y 5.10 se presenta con fines comparativos un resumen de los resultados de ensayos ecotoxicológicos con agua y sedimentos de fondo del sistema del río Colorado obtenidos en el período 1999-2003 (COIRCO 2001, 2002, 2003).

Tabla 5. 8. 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	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27-09-99	(-)	(-)	22-08-01	(-)	(+)	12-08-02	(-)	(-)	22-09-03	(-)	(-)
	15-11-99	(-)	(-)	03-12-01	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
CL 4 (Punto Unido)	15-02-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16-03-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15-05-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	07-08-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	29-09-99	(-)	(-)	23-08-01	(-)	(+)	14-08-02	(-)	(-)	24-09-03	(-)	(-)
	16-11-99	(-)	(-)	05-12-01	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
CL 7 (La Adela)	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, $\alpha = 0,05$)

Tabla 5. 9. 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.

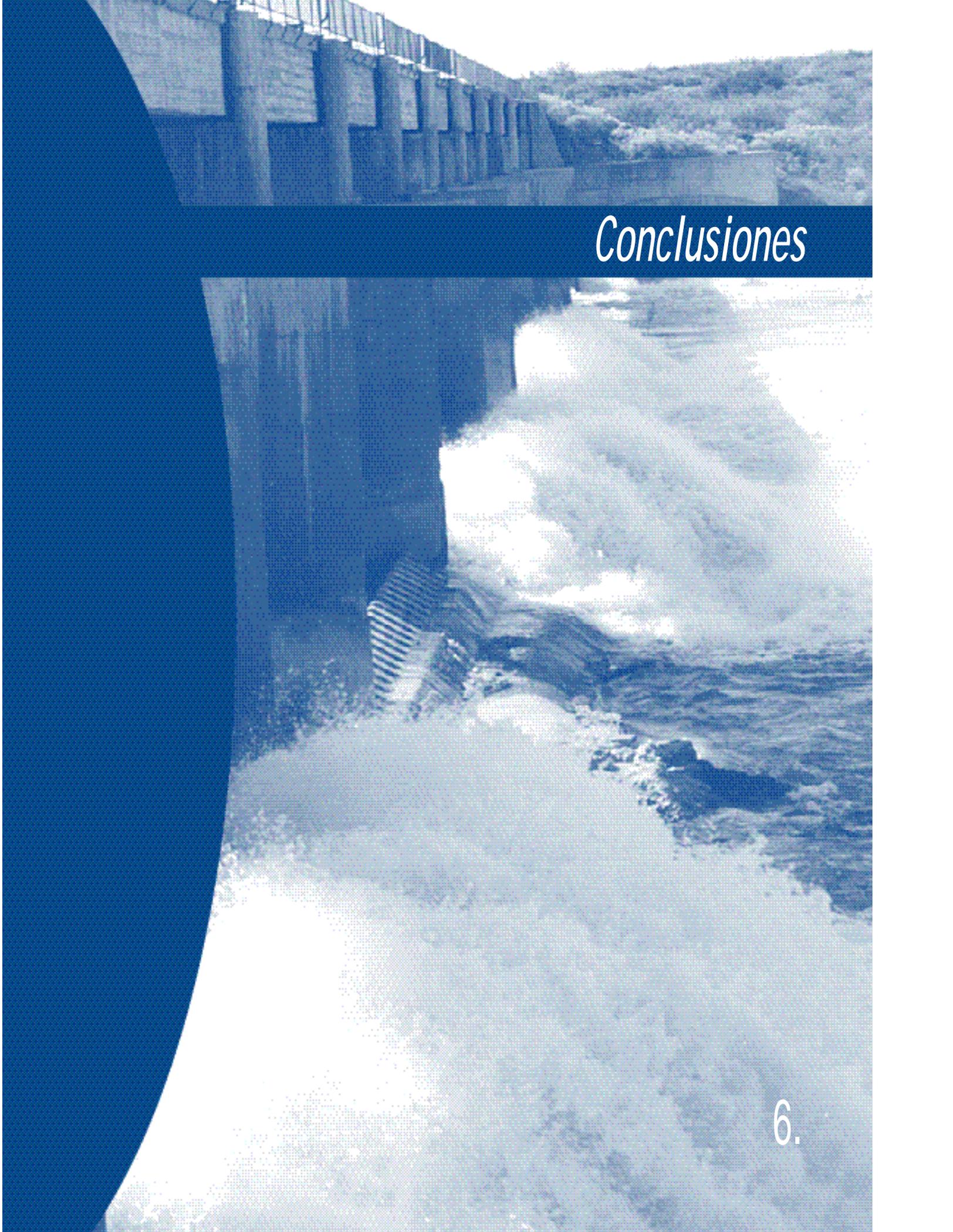
ESTACIÓN	1999-2000		2001		2002		2003		
	FECHA	M	L	FECHA	M	L	FECHA	M	L
Río Colorado, aguas abajo Puesto Hernández	15-11-99	(-)	(-)	11-09-01	(-)	(-)	-	-	-
	15-02-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
	15-05-00	(+)	(-)	-	-	-	-	-	-
	07-08-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
Cola embalse Casa de Piedra	16-11-99	(-)	(-)	-	-	-	08-09-03	(-)	(-)
	16-02-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
	18-05-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
Toma embalse Casa de Piedra	10-08-00	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	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 0,05); **(+)** significativamente diferente de los controles (ANOVA de una vía con test de Dunnett, p 0,05)

Tabla 5. 10. Ensayos de ecotoxicidad crónica con muestras de sedimentos de fondos extraídos en diferentes sitios del río Colorado y del embalse Casa de Piedra en el período 2001-2003, empleando Vallisneria spiralis como organismo de prueba.

ESTACION	2001			2003		
	FECHA	HN	Cl a	FECHA	HN	Cl a
Río Colorado, aguas abajo Puesto Hernández	11-09-01	(-)	(-)	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	08-09-03	(-)	(-)
Cola embalse Casa de Piedra	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Toma embalse Casa de Piedra	13-09-01	(-)	(-)	08-09-03	(-)	(-)

HN: 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 < 0,05);

A photograph of a dam with multiple spillways. Water is flowing through the spillways, creating large white rapids. The dam structure is made of concrete and has a series of vertical supports. The background shows a hilly landscape with sparse vegetation.

Conclusiones

6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente ciclo de estudio se pueden establecer las siguientes conclusiones:

6.1 Calidad del Agua

El recurso mantiene en toda su extensión la aptitud para su uso como fuente de agua potable, en agricultura y como medio apto para el desarrollo de la vida acuática, de acuerdo a los datos que surgen del monitoreo de la presencia de sustancias tóxicas en la columna de agua.

Las restricciones analíticas para la evaluación de algunos elementos en relación con la protección de la vida acuática, han sido salvadas mediante la realización de ensayos de ecotoxicidad crónica con agua, los cuales han evidenciado la ausencia de efectos tóxicos.

6.2 Calidad de los Sedimentos de Fondo

El análisis de metales y metaloides en sedimentos de fondo en el embalse Casa de Piedra han mostrado un panorama similar al del año anterior en el sector de la cola, en tanto que en el área de la toma las concentraciones han disminuido. En el río Colorado, aguas abajo del embalse se han observado concentraciones mayores con respecto al año anterior, lo cual podría tener relación con lo observado en el sector de la toma.

Los ensayos ecotoxicológicos practicados a las mismas muestras de sedimentos de fondo empleadas para el análisis químico han mostrado la ausencia de efectos tóxicos crónicos significativos para los dos diferentes organismos de prueba utilizados. Este hecho indica que a pesar de haber excedido algunos elementos los valores guía para la protección de la vida acuática, ésta no se encuentra en riesgo.

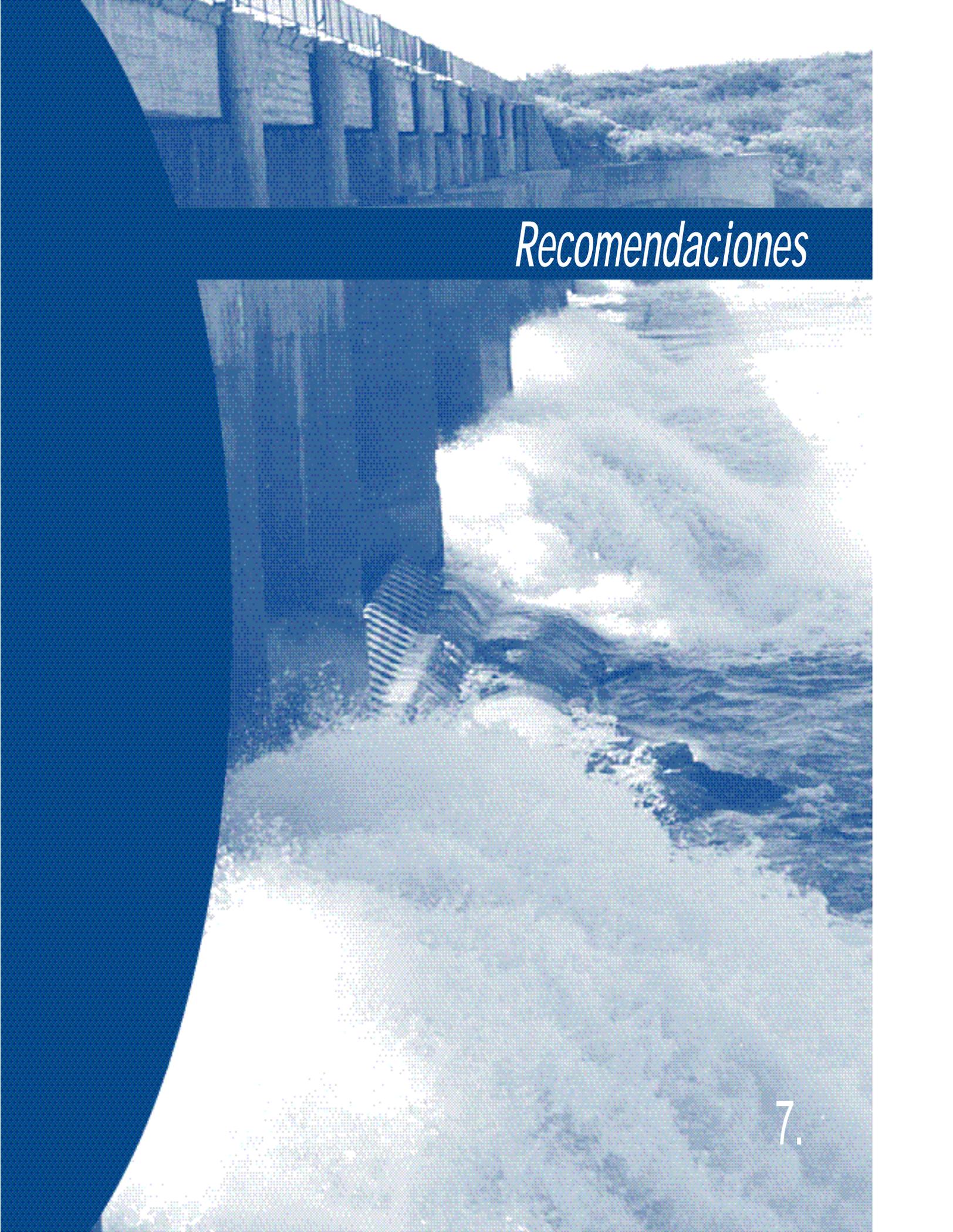
El análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares en sedimentos de fondo ha puesto de manifiesto, en general, la ausencia de este tipo de sustancias. Los miembros del grupo detectados se encontraron en concentraciones inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática

6.3 Sustancias Tóxicas en Músculo de Peces

Los resultados de los análisis de metales y metaloides en el músculo dorsal de peces capturados, pusieron de manifiesto que no existe la necesidad de recomendar restricciones al consumo, de acuerdo a las normas tomadas como referencia.

En relación con la presencia de hidrocarburos aromáticos polinucleares en músculo de peces, no existe un riesgo para la salud humana, dada la no detección de los mismos, por lo cual no sería necesario recomendar restricciones al consumo.





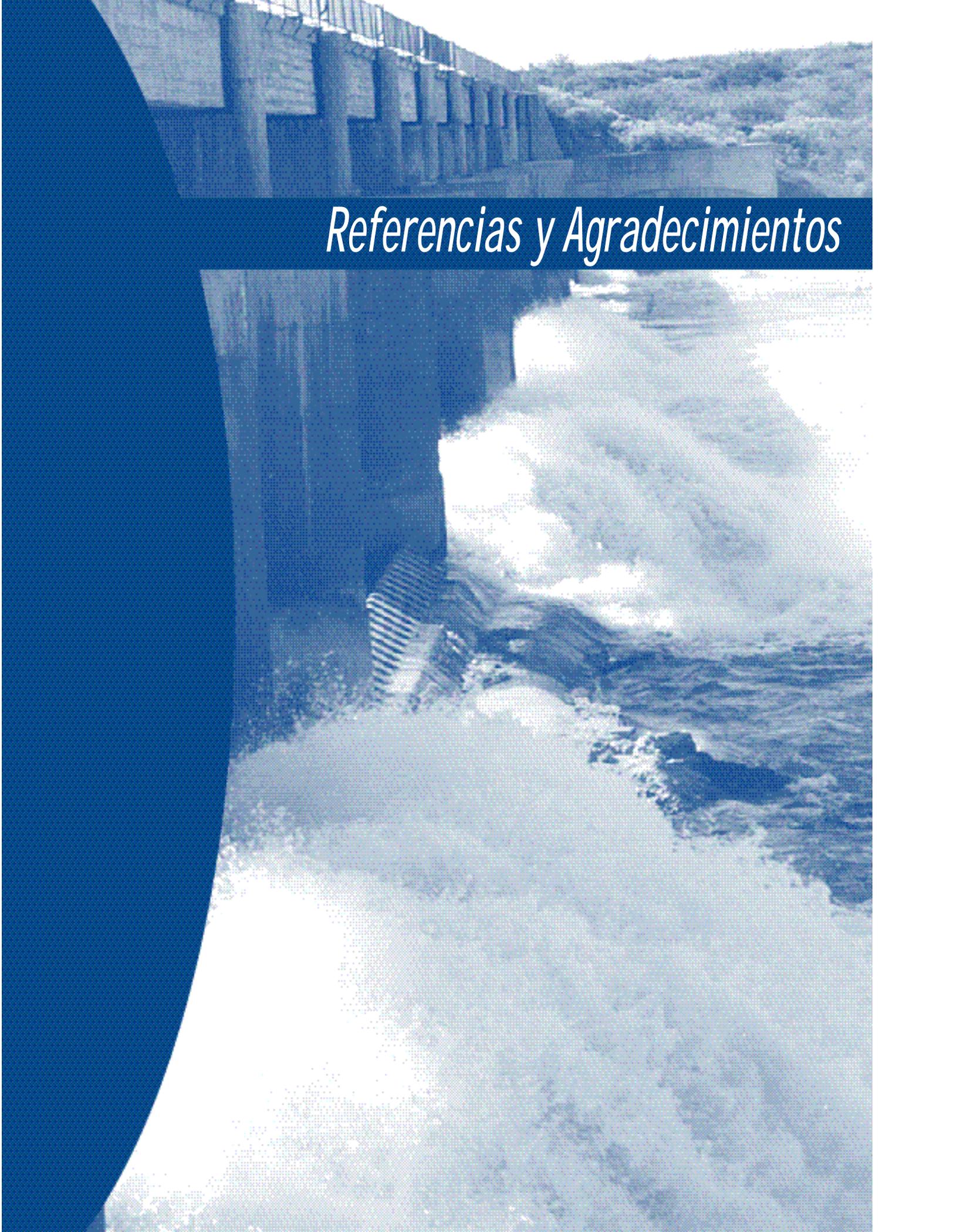
Recomendaciones

7.

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con el monitoreo de metales/metaloideos 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/metaloideos 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.

Derivado de las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el ciclo analizado (2003), están en plena ejecución los estudios que garantizan la continuidad del Programa Integral de Calidad de Aguas, a desarrollar a través de campañas mensuales en el período Julio 2004 - Junio 2005.

A photograph of a dam with water flowing through its spillways, creating large white rapids. The dam is made of concrete and has several spillways. The water is turbulent and white with foam. The background shows a hilly landscape with sparse vegetation. A dark blue circular graphic is on the left side of the image.

Referencias y Agradecimientos

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, 5tas 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
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) 2002, Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, Canadian Environmental Quality Guidelines
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) 2002, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses -Irrigation, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) 2002, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses - Livestock, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) 2002, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Livestock, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- 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.
- Gaskin, J. E., 1993, Quality Assurance in Water Quality Monitoring, Ecosystem, Sciences and Evaluation Directorate, Conservation and Protection Environment Canada Ottawa, Ontario.
- Ministry of Environment and Energy, 2000, Guide to eating Ontario sport fish. 20th ed.
- 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., Noviembre de 2002
- Perl, J.E., 2002 Manejo Integral de la Cuenca del Río Colorado - Calidad de las Aguas, IV Seminario Internacional de Cuencas - Ushuahia, Noviembre de 2002.
- Portal C. R., TOTAL “Los peces del Neuquén”, 1997

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.

World Health Organization (WHO), 1993, Guidelines for drinking-water quality, Second edition, Volume 1, Recommendations, Geneva.

World Health Organization (WHO), 1997, Guidelines for drinking-water quality, Second edition, Addendum to Volume 2, Health criteria and other supporting information, Geneva.

Agradecimientos

- Administración Provincial del Agua de la Provincia de La Pampa, por la operación de la estación meteorológica que opera en el Puesto Caminero de Casa de Piedra, según convenio COIRCO – APA
- Departamento Provincial de Aguas de la Provincia de Río Negro, por la operación de las estaciones pluviométricas de Catriel y El Gualicho, según convenio COIRCO – DPA
- Ente Casa de Piedra, por el suministro de información diaria de la erogación del caudal desde el embalse, según Norma de Manejo de Aguas
- Ente Provincial del Río Colorado, Provincia de La Pampa, por el suministro de los registros diarios de conductividad eléctrica en Puente Dique – Punto Unido
- Repsol YPF y Petrobras por el financiamiento del Programa de Calidad de Aguas
- Sres. Julián Knoop y Eberardo Knoop, por facilitar material fotográfico inédito.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, por registros hidrológicos del río Colorado en la estación Buta Ranquil
- Universidad Nacional de Luján - Laboratorio de Estudios Ecotoxicológicos, Monitoreos Ambientales, Laboratorio CIC y Laboratorio Segemar - Intemin, por el esmero y dedicación en la ejecución de las tareas asignadas en el presente Programa de Calidad de Aguas del Medio Acuático.

Diseño y Producción Gráfica

Ravens Sociedad de Publicidad
www.ravenspublicidad.com

Impreso en Bahía Blanca
Agosto 2004

COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO (COIRCO)

Sede operativa: Belgrano 366 • Bahía Blanca (B8000JH) Pcia. Bs.As. • Argentina

Tel/Fax (0291) 455-1054/3054

E-mail: coirco@bblanca.com.ar • Web: www.coirco.com.ar