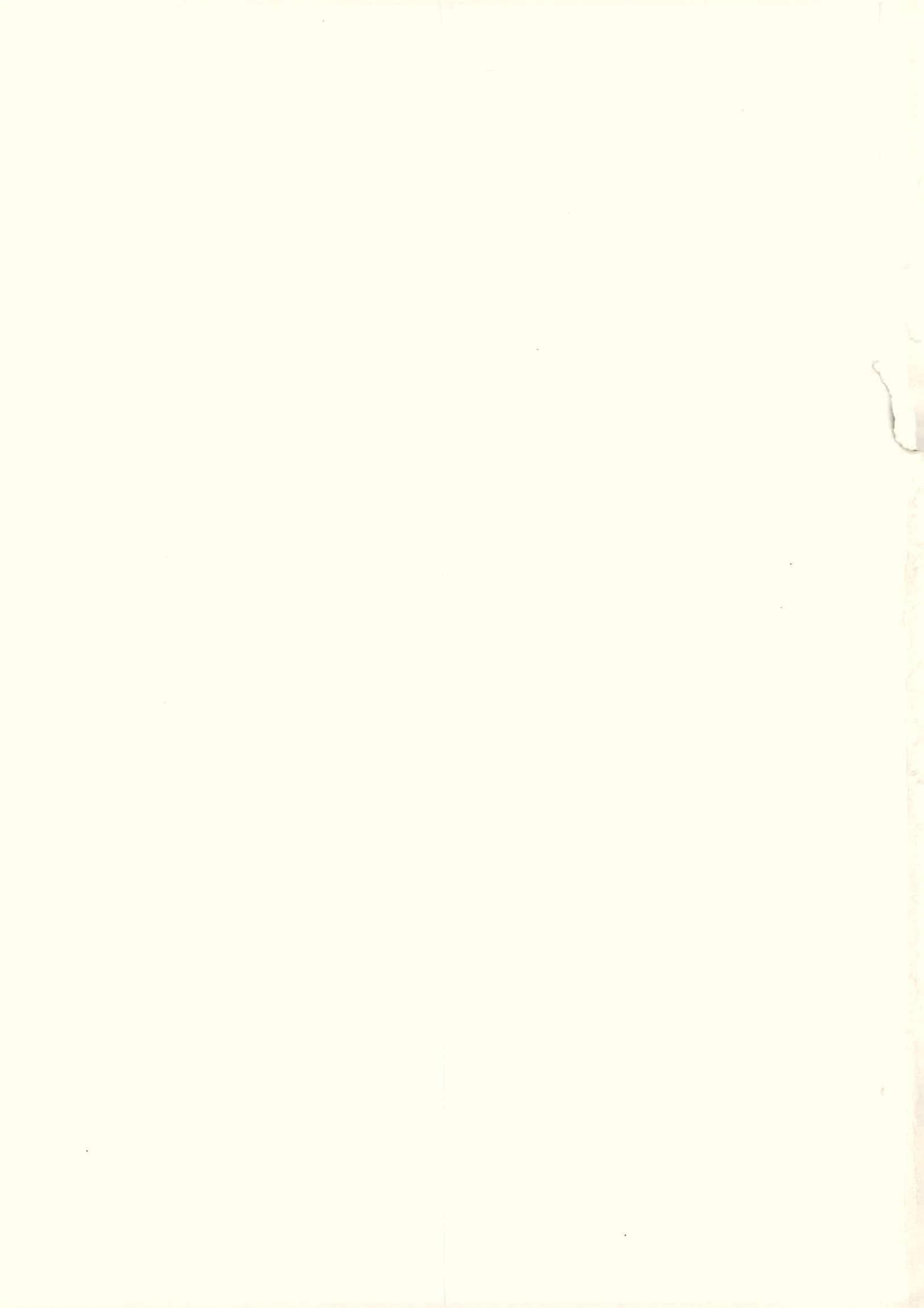


PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE AGUAS DEL RIO COLORADO

Calidad del Medio Acuático 2002

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



**PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE
AGUAS DEL RÍO COLORADO AÑO 2002**

Subprograma Calidad del Medio Acuático

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

Aprobado por el Comité Ejecutivo del COIRCO en su reunión del 29 de mayo de 2003.
Se autoriza la utilización de la información que contiene, siempre que se cite la fuente.



Adhesión al Año Internacional del Agua Dulce – 2003

Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO)

Consejo de Gobierno

Presidente

Ministro del Interior

Dr. Aníbal Fernández

Integrantes

Gobernador de la Provincia de Buenos Aires

Ing. Felipe Solá

Gobernador de la Provincia de La Pampa

Dr. Rubén Marín

Gobernador de la Provincia de Mendoza

Ing. Roberto Iglesias

Gobernador de la Provincia de Neuquén

Don Jorge Sobisch

Gobernador de la Provincia de Río Negro

Dr. Pablo Verani

Comité Ejecutivo

Presidente

Representante de la Nación Dr. Juan J. Pico

Representantes Provinciales Titulares y Alternos

Buenos Aires

Ing. Horacio P. Boland

La Pampa

Ing. Jaime L. Sterin, Ing. Raúl Gatto Cáceres

Mendoza

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

Neuquén

Ing. Eduardo Vidal, Inga Marcela González

Río Negro

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

Gerente Técnico

Ing. Juan E. Perl

Secretaría de Energía de la Nación

Secretario de Energía

Ing. Daniel O. Cameron

Subsecretario de Combustibles

Lic. Cristian A. Folgar

Director Nacional de Recursos

Ing. Julio O. Castells

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

Tabla de Contenidos

INTRODUCCIÓN	13
I. CUENCA DEL RIO COLORADO	
I.1. RÍO COLORADO - CARACTERÍSTICAS	17
I.2. ASPECTOS HIDROLOGICOS.....	18
I.3. REGISTROS DE LLUVIAS EN LA CUENCA	20
I.4. REGISTROS DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA - INCIDENCIA DE VARIABLES HIDROMETEOROLOGICAS	20
I.5. AREA DE ESTUDIO	21
II. MONITOREO DE SUSTANCIAS TOXICAS EN EL SISTEMA DEL RIO COLORADO (COLUMNA LIQUIDA)	
II.1. ESTACIONES DE MONITOREO Y FRECUENCIA DE OPERACIÓN	25
II.2. PARAMETROS IN SITU	26
II.3. SUSTANCIAS INVESTIGADAS.....	35
II.4. METODOLOGIA DE MUESTREO.....	35
II.4.1. Muestras para análisis de metales y metaloides	35
II.4.2. Muestra para análisis de hidrocarburos	35
II.5. METODOLOGÍAS ANALÍTICAS	35
II.5.1. Análisis de metales y metaloides	35
II.5.2. Hidrocarburos alifáticos y aromáticos polinucleares	36
II.6. ANALISIS DE METALES Y METALOIDES	36
II.6.1. Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio	36
II.6.2. Valores guía para la calidad del agua	37
II.6.3. Resultados.....	38
II.6.4. Discusión.....	42
II.7. ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS	43
II.7.1. Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio	43
II.7.2. Valores guía para la calidad del agua	43
II.7.3. Resultados	43
II.7.4. Discusión	58
III. INVESTIGACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN SEDIMENTOS DE FONDO	
III.1. SUSTANCIAS INVESTIGADAS	61
III.2. ESTACIONES DE MUESTREO	61
III.3. METODOLOGIA DE MUESTREO	61
III.4. ANÁLISIS DE METALES Y METALOIDES	62
III.4.1. Calidad Analítica	62
III.4.2. Resultados	63
III.4.3. Valores guía	64
III.4.4. Discusión	64
III.5. ANALISIS DE HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES (HAPs)	64
III.5.1. Calidad analítica	65
III.5.2. Resultados	66
III.5.3. Valores guía	67
III.5.4. Discusión	67

IV. INVESTIGACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN MÚSCULO DE PECES

IV.1.	SUSTANCIAS INVESTIGADAS.	71
IV.2.	ESTACIONES DE MUESTREO	71
IV.3.	METODOLOGÍA DE CAPTURA	72
IV.4.	ANÁLISIS DE METALES Y METALOIDES	74
IV.4.1.	Metodologías analíticas	74
IV.4.2.	Calidad analítica	75
IV.4.3.	Resultados	76
IV.4.4.	Discusión	77
IV.5.	ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES (HAPs)	77
IV.5.1.	Metodología analítica	77
IV.5.2.	Calidad analítica	78
IV.5.3.	Resultados	79
IV.5.4.	Discusión	79

V. ENSAYOS DE ECOTOXICIDAD CRÓNICA CON AGUA

V.1.	METODOLOGÍA DE MUESTREO	83
V.2.	ESTACIONES DE MUESTREO Y FRECUENCIA	83
V.3.	METODOLOGÍA DE LOS ENSAYOS	83
V.4.	RESULTADOS	84
V.5.	DISCUSIÓN	85

VI.	CONCLUSIONES	89
-----	--------------------	----

VII.	RECOMENDACIONES	93
------	-----------------------	----

REFERENCIAS	97
-------------------	----



Introducción

Introducción

El Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Subprograma Calidad del Medio Acuático, iniciado en el año 1997 y desarrollado en forma ininterrumpida hasta el presente, ha constituido una herramienta de gestión del recurso, a través de la información generada anualmente en relación con la vigilancia de la calidad del ambiente acuático. Esta vigilancia ha sido llevada a cabo mediante el empleo de técnicas modernas para el análisis químico de contaminantes orgánicos e inorgánicos en niveles de concentración extremadamente bajos. Mediante estas técnicas se ha investigado el estado de los distintos compartimentos (columna de agua, sedimentos de fondo y peces), en relación con su vinculación a los diferentes usos del recurso. Las sustancias investigadas son aquéllas cuya presencia podría derivarse de las actividades desarrolladas en el área. Con el curso de los años, la lista de sustancias ha sido acotada en función del conocimiento adquirido y actualmente se monitorea un grupo de parámetros, el cual responde adecuadamente a las necesidades de evaluación del recurso.

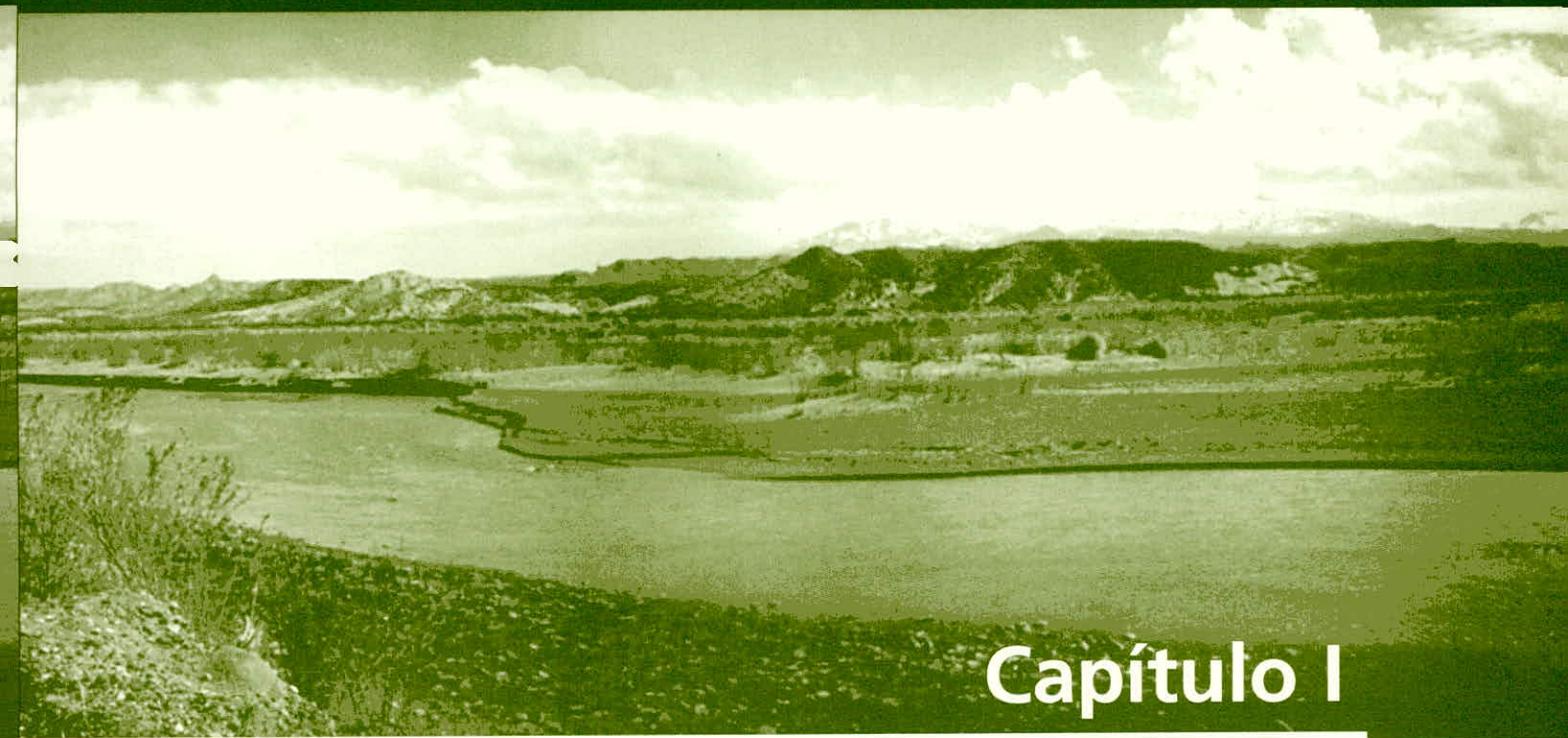
Los estudios llevados a cabo por medio del análisis químico han sido extendidos y confirmados por medio de ensayos ecotoxicológicos practicados con agua y sedimentos en distintos sitios de la cuenca. Particularmente, se ha puesto énfasis en los lugares donde hubo descargas en el pasado y en el embalse Casa de Piedra, dado su carácter de receptor de sedimentos. Estas investigaciones han sido realizadas según protocolos actuales, homologados internacionalmente, empleando diferentes organismos de ensayo, representativos de la columna de agua y de los sedimentos de fondo.

Anualmente se ha investigado la presencia de sustancias tóxicas en peces, en relación con la posible existencia de riesgo para la salud humana a través de la ingesta de pescado. Para este fin, se ha analizado la parte comestible (músculo dorsal) de los ejemplares capturados en diferentes áreas, en busca de la presencia de un grupo seleccionado de sustancias inorgánicas y orgánicas.

El diseño original del programa de estudio ha sido flexible y se ha continuado adaptándolo año a año en las sucesivas etapas, para intentar dar una respuesta a los diferentes interrogantes que han ido surgiendo. Las recomendaciones formuladas en cada informe final de los programas anuales, surgidas de la evaluación de los resultados obtenidos, han constituido la base del diseño del estudio del año subsiguiente.

En este informe se presentan los resultados correspondientes al programa del año 2002, el cual se basó en las recomendaciones formuladas como corolario del programa del año 2001. 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"*
- *"llevar a cabo ensayos ecotoxicológicos crónicos con agua en las estaciones muestreadas en la presente etapa, a fin de continuar la evaluación de la aptitud del recurso para la preservación de la vida acuática."*
- *"mantener el programa de monitoreo de sustancias tóxicas en peces a fin de evaluar su variación en el tiempo."*
- *"llevar a cabo un muestreo de sedimentos de fondo en el embalse Casa de Piedra y aguas abajo del mismo, con el fin de investigar la presencia de metales/metaloides y de hidrocarburos aromáticos polinucleares."*



Capítulo I

Cuenca del Río Colorado

I. Cuenca del Río Colorado

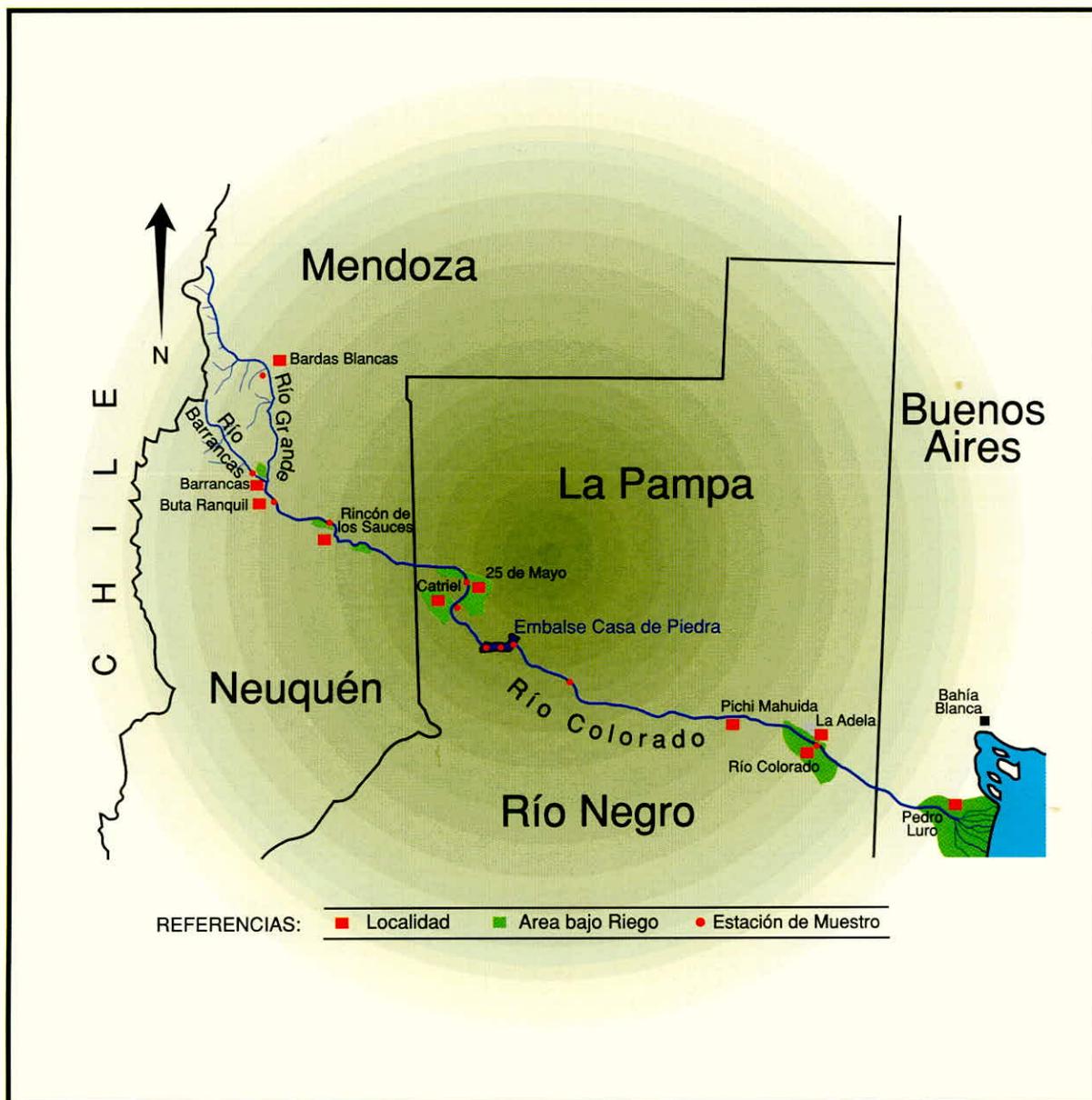
I.1. Río Colorado – Características

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.

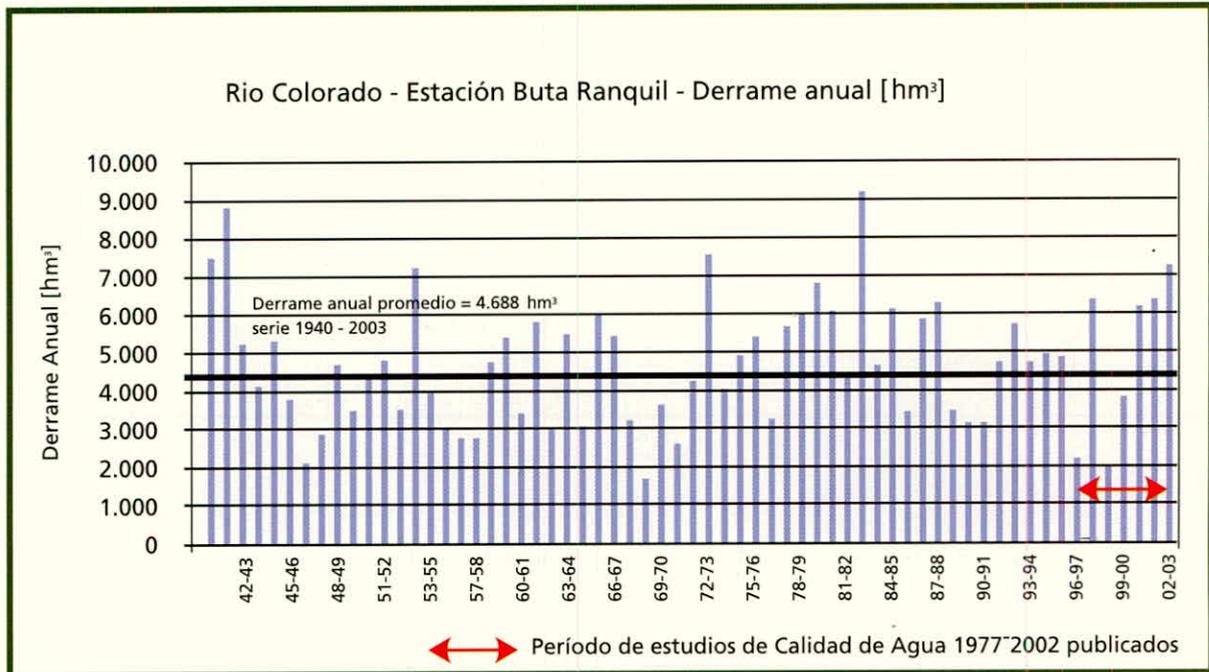
Sus aguas son compartidas por las Provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires, que lo convierten en una cuenca hídrica interprovincial.

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).

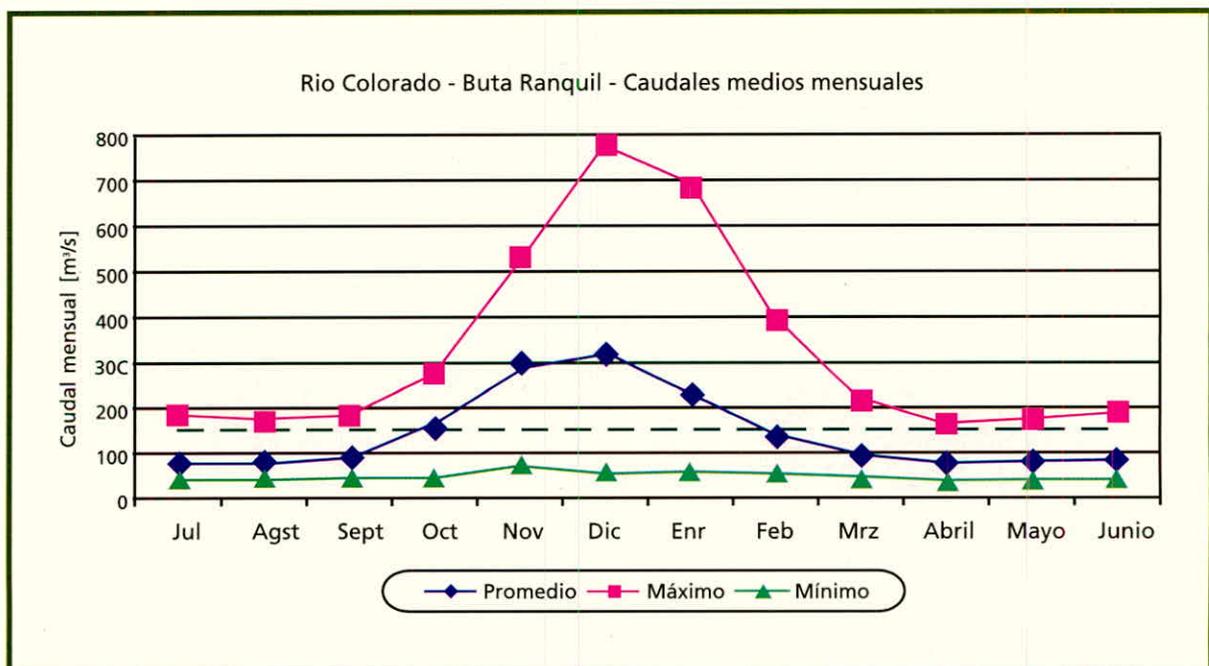


I.2. Aspectos Hidrológicos

El caudal medio anual medido en Buta Ranquil, para la serie 1940 a la fecha es de 148,6 m³/s, siendo el derrame medio anual de 4.688 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 re-gistrado 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.

Las características hidrológicas observadas durante el año 2002, en el que se desarrolló el presente ciclo del Programa de Calidad de Aguas del Río Colorado, fueron las siguientes:

- Los caudales registrados a lo largo del año 2002 están por encima de los valores medios históricos.
- Tanto el primer semestre del 2002, que corresponde al ciclo hidrológico 2001-2002, como el segundo semestre, que corresponde al ciclo hidrológico 2002-2003, de acuerdo al escurrimiento o derrame anual les corresponde la clasificación de húmedos.
- En particular el presente ciclo 2002 – 2003 (7.200 hm³, según tendencia a la fecha) es el más importante en los últimos 20 años, siendo superado por el ciclo 1982-1983 (9.100 hm³), que corresponde al máximo histórico, y por los ciclos 1941 - 1942, 1972 – 1973 y 1940 – 1941, es decir, el quinto más importante de una serie de 63 años consecutivos (1940 – 2003).
- El caudal pico registrado durante el año 2002 corresponde al 15 de diciembre, con un caudal instantáneo de 658 m³/s, habiéndose registrado el mismo día el caudal medio máximo del año, siendo 611 m³/s .
- El ciclo hidrológico 2002 – 2003 presentó una singularidad, no tuvo un pico significativo acorde a la acumulación nival en la alta cuenca o al derrame escurrido. En efecto, se observa en el gráfico la permanencia de caudales diarios significativos, que oscilaron entre 450 y 600 m³/s desde mediados de noviembre hasta mediados de enero 2003.

Del análisis del hidrograma del año 2002 se visualiza claramente los picos debido a lluvias durante el período de estiaje:

- * 16 y 17 de marzo, de un caudal medio diario de 103 á 105 m³/s, se incrementa a 228 m³/s (lluvias en la alta cuenca, zona cordillerana)
- * 25 y 26 de agosto, prácticamente se cuadruplicó el caudal medio diario, pasando de 110 m³/s á 457 m³/s.
- * 15 de octubre, en esta fecha se da una combinación de una crecida pluvial y nival. El caudal se incrementó de 190 m³/s a 450 m³/s.



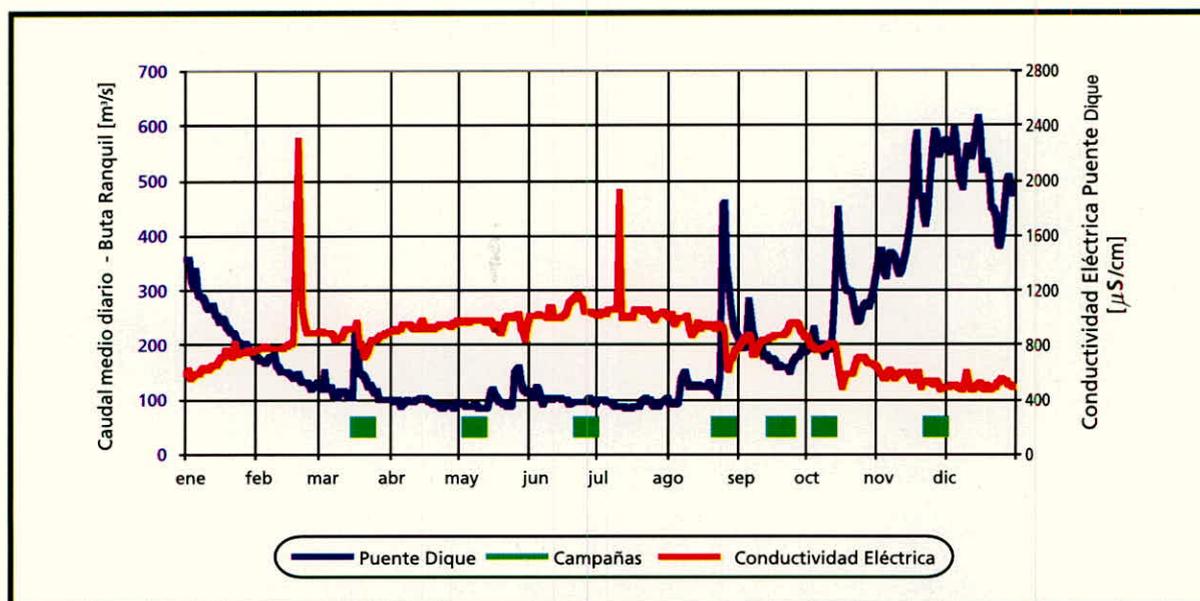
I.3. Registros de lluvias en la Cuenca

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

Registros pluviales en [mm]				
Año 2002	Buta Ranquil	Catriel	Puesto Caminero Casa de Piedra	Pichi Mahuida
Enero	1,0	0	3,6	57,5
Febrero	4,0	11,5	1,6	0
Marzo	4,3	7,5	51,8	33,0
Abril	23,0	17,5	0,8	11,0
Mayo	20,6	2,5	18,2	84,0
Junio	2,0	28,5	16,8	0
Julio	17,0	11	9,4	3,0
Agosto	63,0	24,2	28,6	85,5
Septiembre	0	30,5	15,6	17,5
Octubre	34,1	21,5	47,6	38,0
Noviembre	0	35,5	2,4	0
Diciembre	3,2	3,5	29,6	6,6
Total 2002 [mm]	172,2	194	226	336,1

I.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 del año 2002. También se indican las fechas de las campañas de muestreo de este ciclo para visualizar las condiciones 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. Para este último año 2002 los valores oscilaron entre un máximo de 1100 á 1150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los mínimos entre 500 y 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

De la información y los antecedentes que dispone COIRCO podemos indicar:

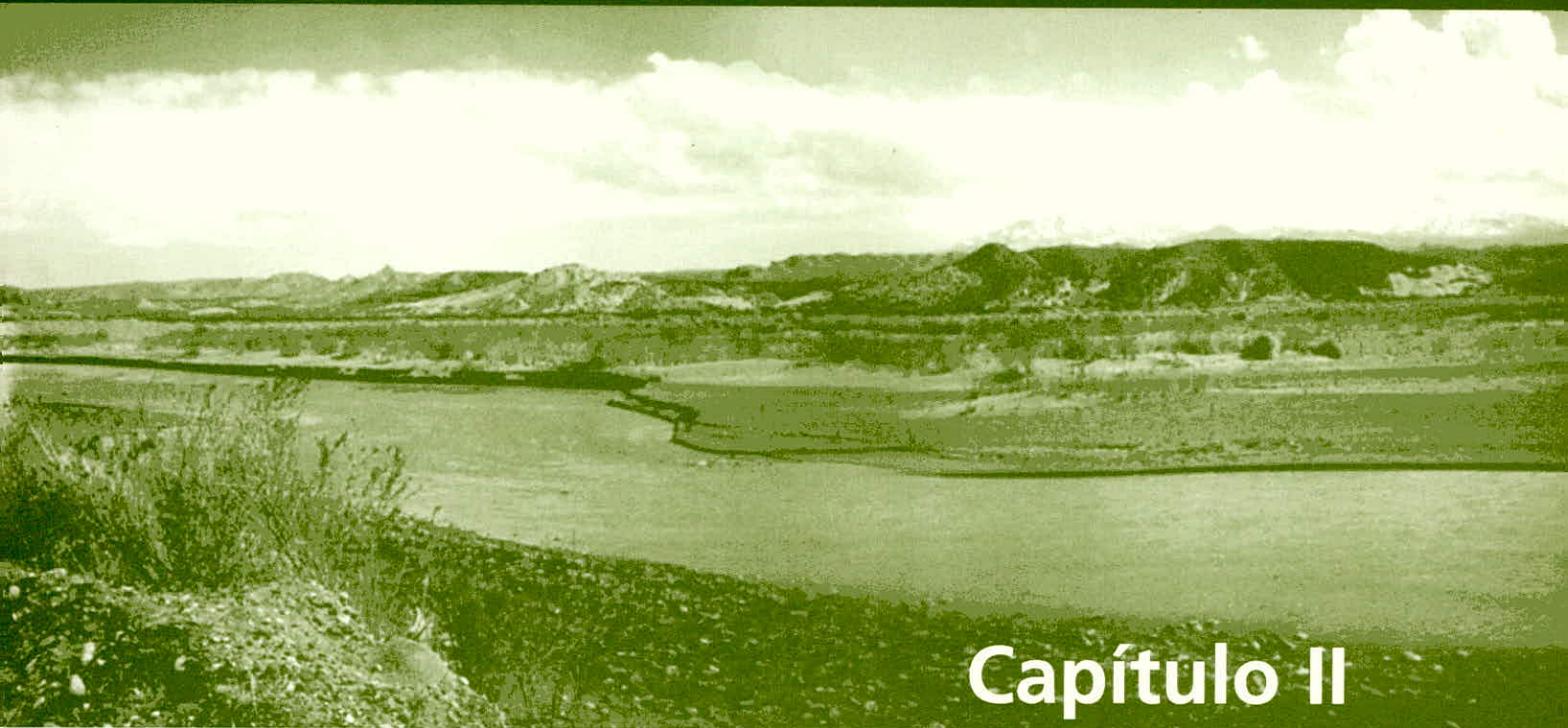
- a) cuando se registran lluvias en la cuenca media del río Colorado, se observan aumentos significativos de la conductividad eléctrica, independientemente si los incrementos de caudal en el río son, o no, importantes.
- b) cuando se registran incrementos de caudal debido a fenómenos meteorológicos en 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 2002 podemos concluir:

1. El incremento de la conductividad eléctrica registrada el 19 de febrero (de un valor medio de 800 pasó a 2288 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sin incrementos de caudal en Buta Ranquil, se debe a lluvias puntuales en la cuenca media del Colorado (aguas arriba de Puente Dique).
2. El pico de crecida que se registró entre el 16 y 17 de marzo (de 104 á 228 m^3/s) fue como consecuencia de lluvias en la zona cordillerana. No hay registros de lluvias significativas en esos días en las estaciones meteorológicas y además, la conductividad eléctrica no se vio incrementada. Esta situación coincide con la fecha de muestreo de la campaña de columna líquida N° 1.
3. El 16 y el 27 de mayo se observaron pequeños incrementos de caudal medio diario de Buta Ranquil, con descensos de la conductividad eléctrica en la estación de Puente Dique.
4. El 11 de julio se observó un hecho similar al del 19 de febrero
5. Los días 11 y 27 de agosto se da un fenómeno similar, con incremento de caudal medio diario y reducción de conductividad eléctrica. La campaña N° 4 de columna líquida y de agua para estudios ecotoxicológicos, se desarrolló entre los días 24 y 26 de agosto, es decir, en condiciones normales del río (previo al evento del 27 de agosto).

I.5. Area de Estudio

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



Capítulo II

Monitoreo de sustancias tóxicas en el sistema del río Colorado

II. Monitoreo de sustancias tóxicas en el sistema del río Colorado (columna líquida)

II.1. Estaciones de monitoreo y frecuencia de operación

Se establecieron y operaron estaciones de monitoreo de columna líquida en los sitios que se detallan en la Tabla 1 y planimetría adjunta. Las estaciones CL 0, ubicada en el río Grande (Bardas Blancas) y CL 1, ubicada en el río Grande (Bardas Blancas), fueron las estaciones de referencia, representativas de sitios libres de influencia antrópica, mientras que las restantes corresponden a áreas donde existen diferentes actividades (petrolera, agrícola y urbana).

Las estaciones CL 2 y CL 3, ubicadas en Buta Ranquil y Desfiladero Bayo respectivamente, son representativas de un área de explotación petrolera. La estación CL 4 (Punto Unido), corresponde a un sitio ubicado aguas abajo de zonas de explotación petrolera y agrícola, donde el agua es distribuida para múltiples usos. La estación CL 5 corresponde a un área de explotación petrolera y está localizada aguas abajo de todas las áreas agrícolas y de explotación petrolera del sector bajo estudio y próxima al ingreso al embalse Casa de Piedra.

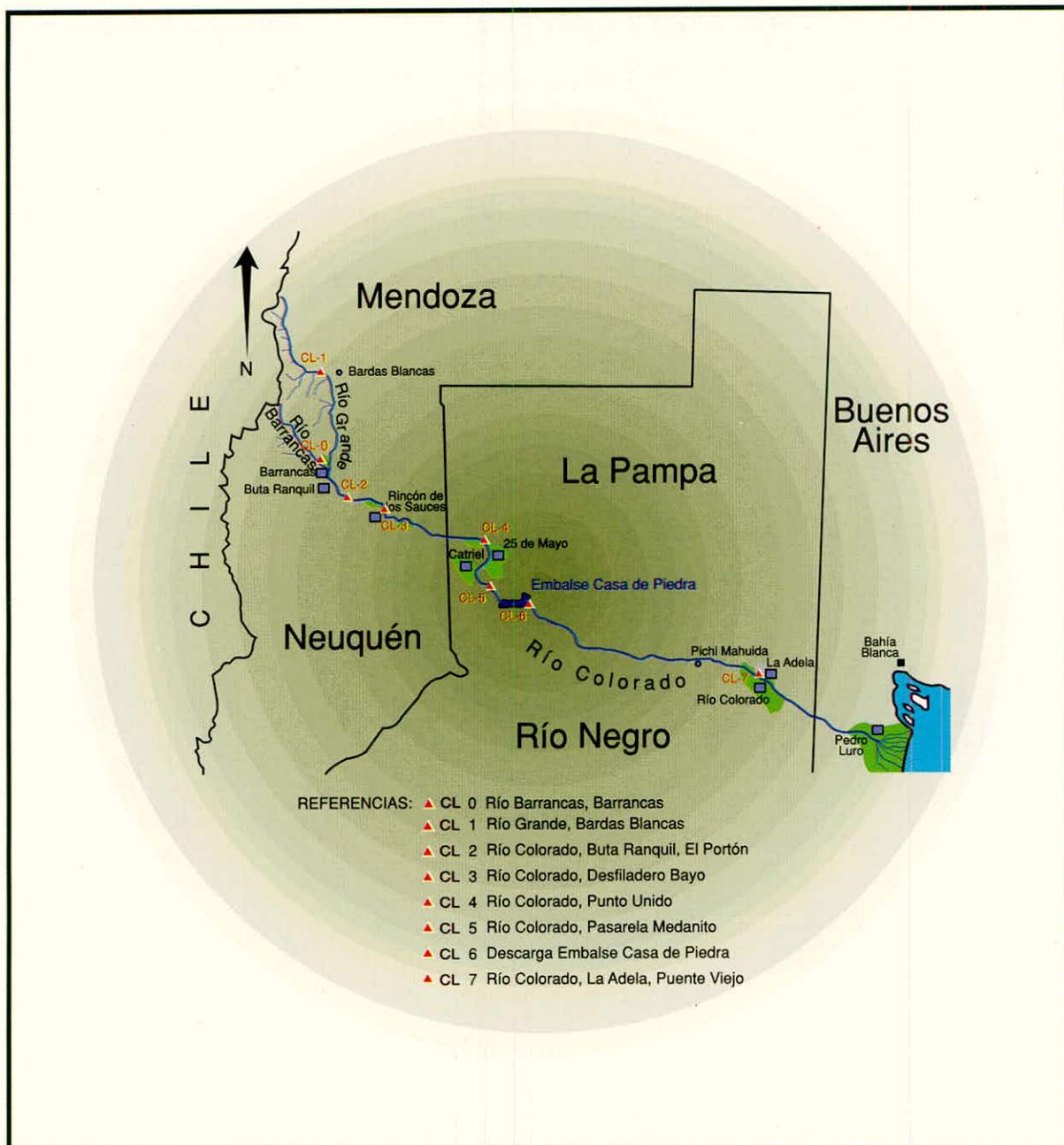
La estación CL 6 está ubicada en la descarga de dicho embalse y la CL 7, sobre el río Colorado, a la altura de la localidad de la Adela.

En la presente etapa, al igual que en las anteriores, se mantuvo el monitoreo de la columna de agua en sitios relacionados con la provisión de agua potable, servicios de riego y protección de la vida acuática en general. En las áreas donde tiene lugar la captación, directa o indirecta, del agua para suministros públicos, los muestreos se llevaron a cabo sobre la margen correspondiente a dicha captación.

Estas estaciones fueron muestreadas con frecuencia bimestral.

Tabla 1. Estaciones de monitoreo

Estación	Sitio	Coordenadas
CL 0	Río Barrancas (Puente)	S 36° 49' 04" - O 69° 52' 14"
CL 1	Río Grande (Bardas Blancas)	S 35° 51' 32" - O 69° 48' 25"
CL 2	Río Colorado (Buta Ranquil)	S 37° 07' 27" - O 69° 38' 51"
CL 3	Río Colorado (Desfiladero Bayo)	S 37° 21' 57" - O 69° 00' 55"
CL 4	Río Colorado (Punto Unido)	S 37° 43' 32" - O 67° 45' 47"
CL 5	Río Colorado (Pasarela Medanito)	S 38° 01' 35" - O 67° 52' 44"
CL 6	Descarga embalse Casa de Piedra	S 38° 12' 55" - O 67° 11' 04"
CL 7	Río Colorado (La Adela – Puente Viejo)	S 38° 59' 14" - O 64° 05' 32"



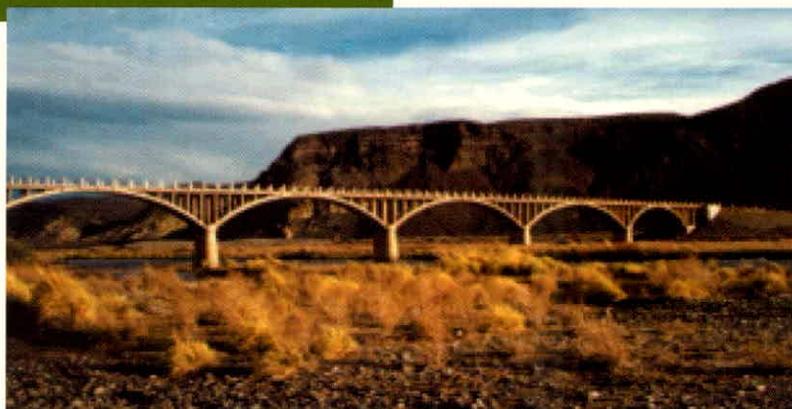
II.2. Parámetros *in situ*

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

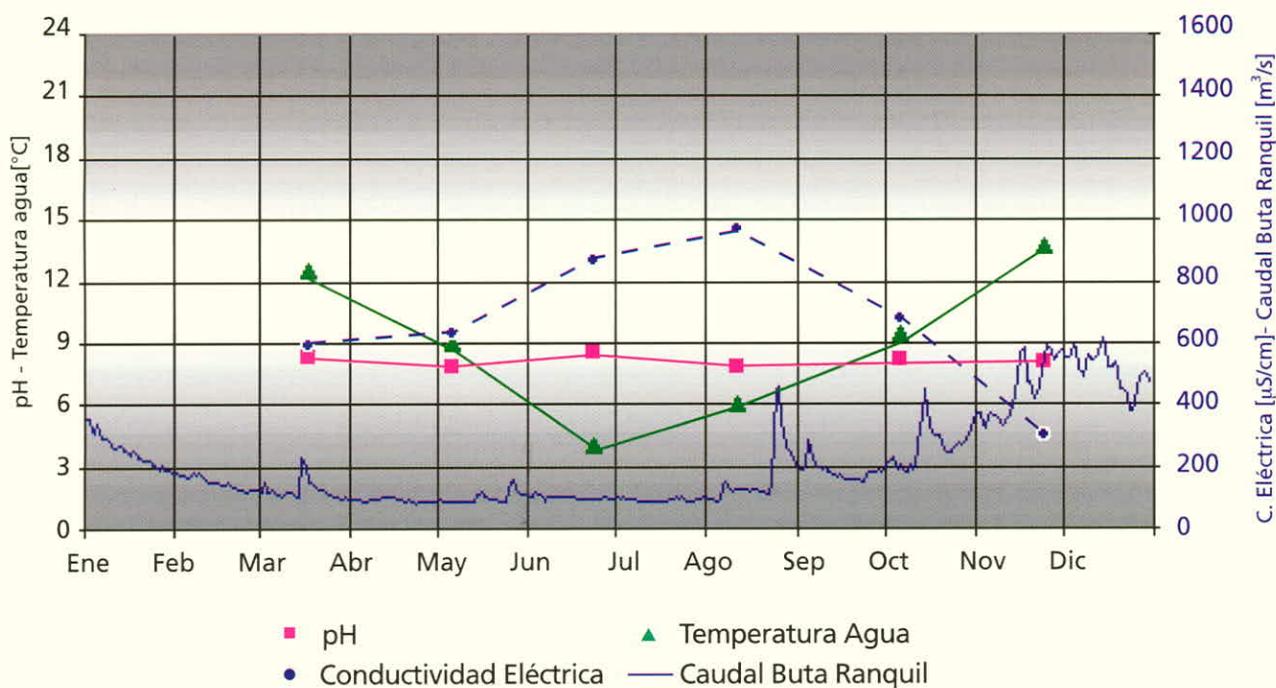
Para cada una de las estaciones se grafica: pH, temperatura del agua, conductividad eléctrica y se indica el hidrograma continuo para el año 2002 de la estación Buta Ranquil, como elemento de referencia de los caudales del río en dicho punto de referencia, para las estaciones CL 0 á CL5 y los caudales de erogación desde Casa de Piedra, para las estaciones aguas abajo de dicha presa, es decir, CL6 y CL7

Parámetros In situ

Cuenca del **Río Colorado**
Río Barrancas
Estación Barrancas
 (CLO)

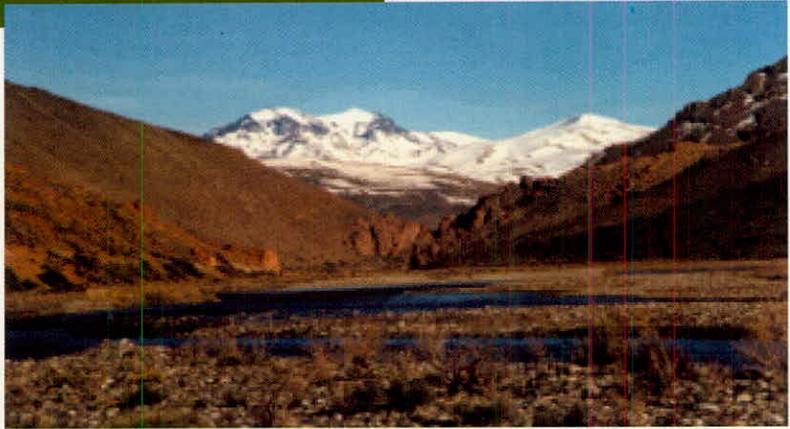


Campaña Columna Líquida	Fecha	hora	Agua [°C]	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
N°1	18/03/02	13:05	8,30	12,5	18,0	594
N°2	06/05/02	13:00	7,79	9,0	20,0	632
N°3	24/06/02	13:25	8,50	4,0	5,0	865
N°4	12/08/02	12:55	7,80	6,0	15,0	967
N°5	07/10/02	13:10	8,20	9,5	16,0	675
N°6	25/11/02	12:30	7,99	13,8	29,0	300

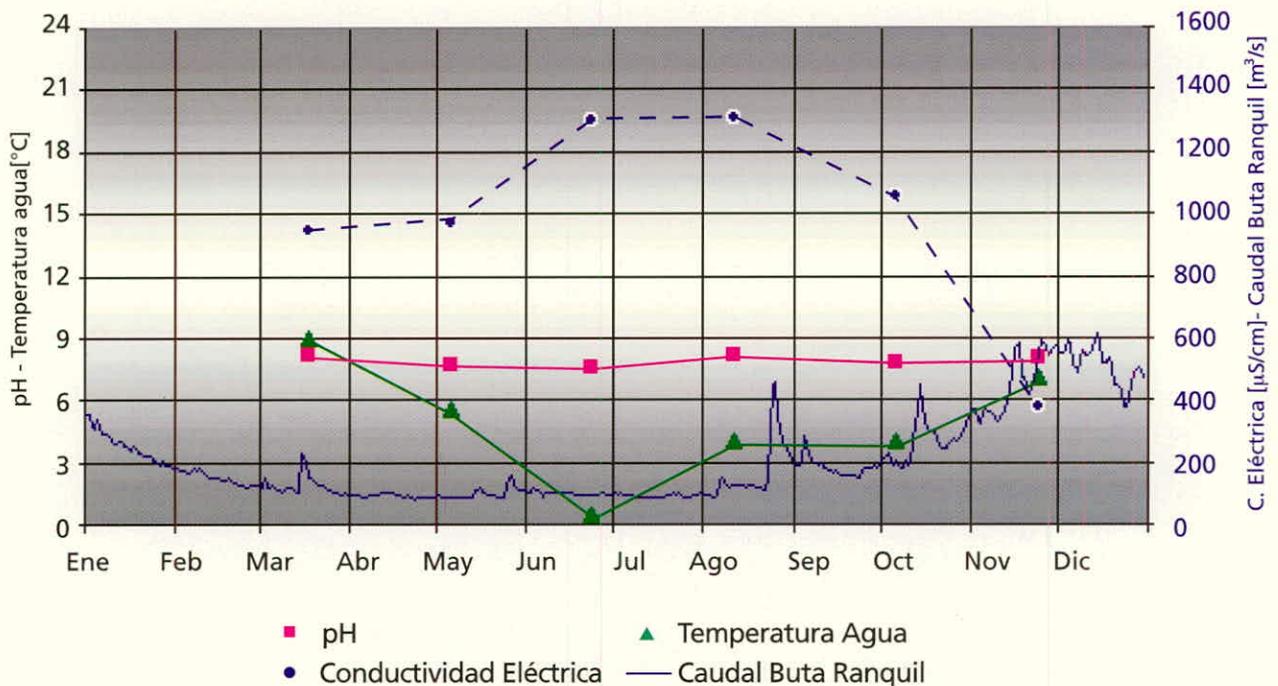


Parámetros *In situ*

Cuenca del Río Colorado
Río Grande
Estación La Gotera
(CL1)



Campaña Columna Líquida	Fecha	hora	pH Agua [°C]	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
N°1	18/03/02	10:00	8,10	9,0	15,0	946
N°2	06/05/02	10:30	7,67	5,5	5,0	973
N°3	24/06/02	10:40	7,60	0,5	0,0	1.302
N°4	12/08/02	9:50	8,10	4,0	11,0	1.307
N°5	07/10/02	10:00	7,80	4,0	6,0	1.058
N°6	25/11/02	9:30	8,02	7,1	19,5	380

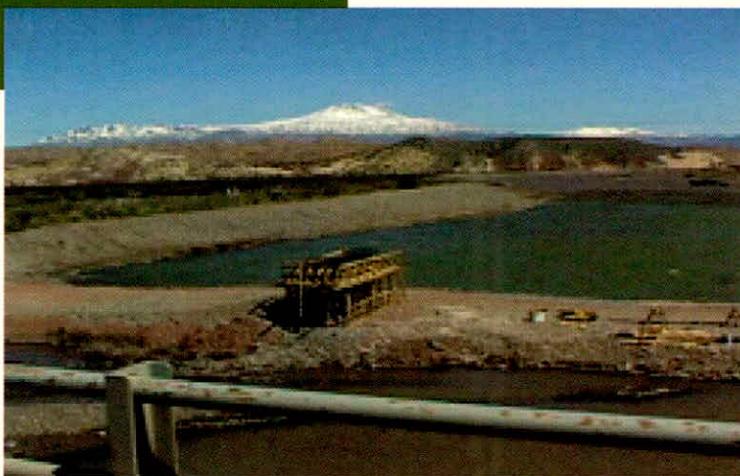


Parámetros *In situ*

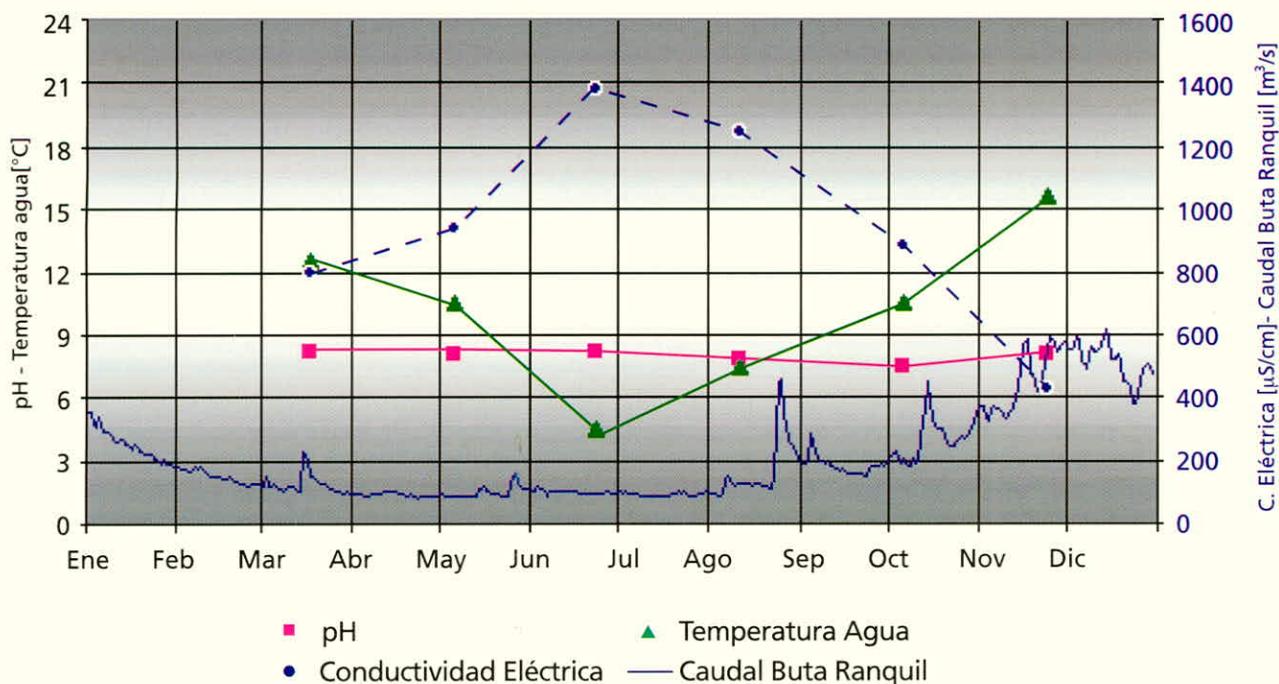
Cuenca del Río Colorado
Río Colorado
Estación Buta Ranquil

(CL2)

Yto. El Portón



Campaña Columna Líquida	Fecha	hora	pH Agua [°C]	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
N°1	18/03/02	14:30	8,10	12,5	18,0	795
N°2	06/05/02	14:30	8,07	10,5	25,0	934
N°3	24/06/02	15:00	8,10	4,5	9,0	1.379
N°4	12/08/02	14:30	7,80	7,5	18,5	1.242
N°5	07/10/02	14:30	7,40	10,5	23,0	883
N°6	25/11/02	14:00	8,01	15,6	35,0	427

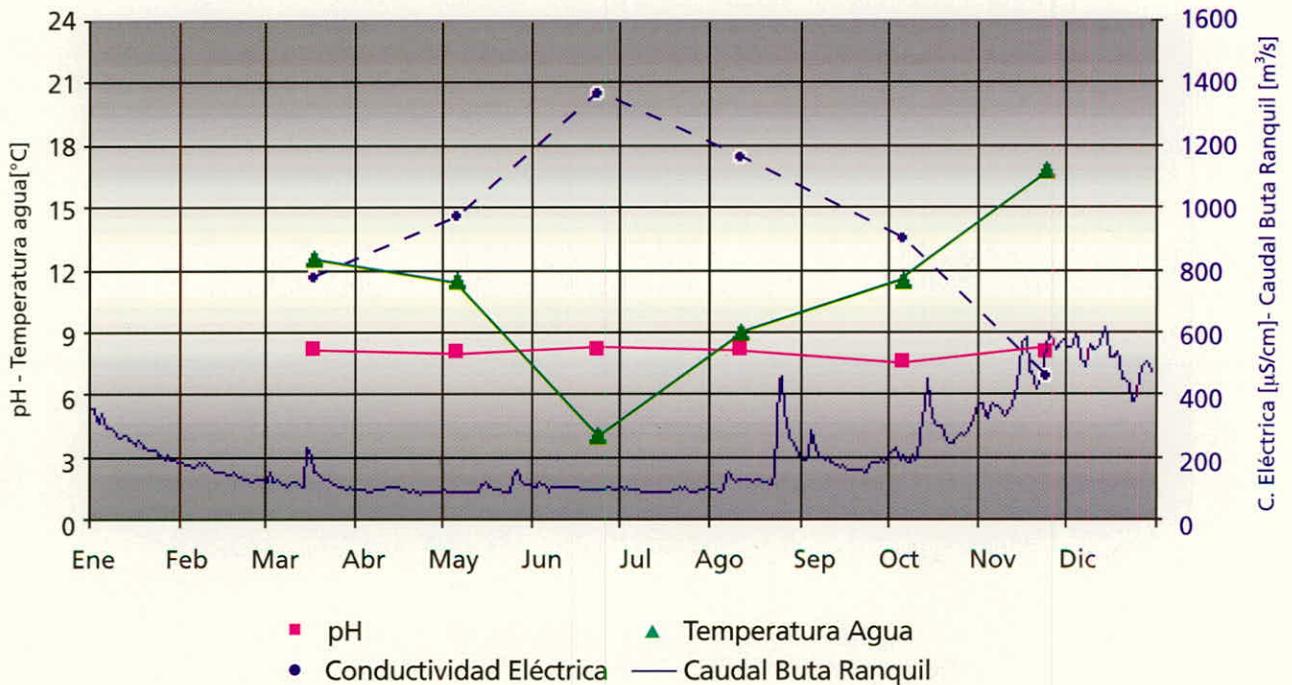


Parámetros *In situ*

Cuenca del Río Colorado
Río Colorado
Estación Desfiladero Bayo
(CL3)

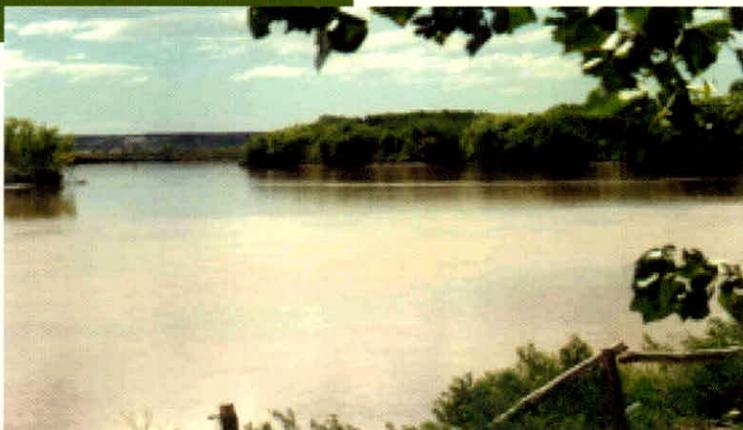


Campaña Columna Líquida	Fecha	hora	pH Agua [°C]	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
N°1	18/03/02	16:00	8,20	12,5	13,0	769
N°2	06/05/02	16:00	8,07	11,5	25,0	972
N°3	24/06/02	16:40	8,10	4,0	7,5	1.363
N°4	12/08/02	16:15	8,20	9,0	23,0	1.162
N°5	07/10/02	16:10	7,60	11,5	24,0	897
N°6	25/11/02	15:35	8,02	16,8	36,0	455

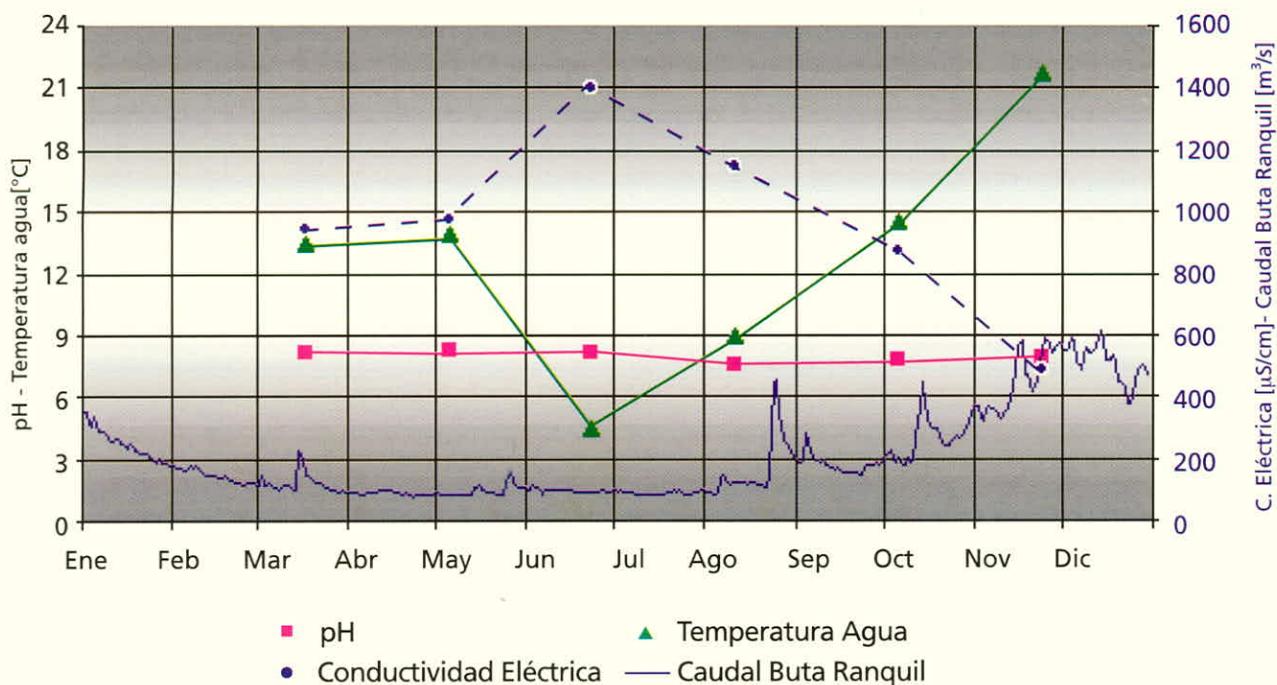


Parámetros *In situ*

Cuenca del *Río Colorado*
Río Colorado
 Estación *Puente Dique*
 (CL4)

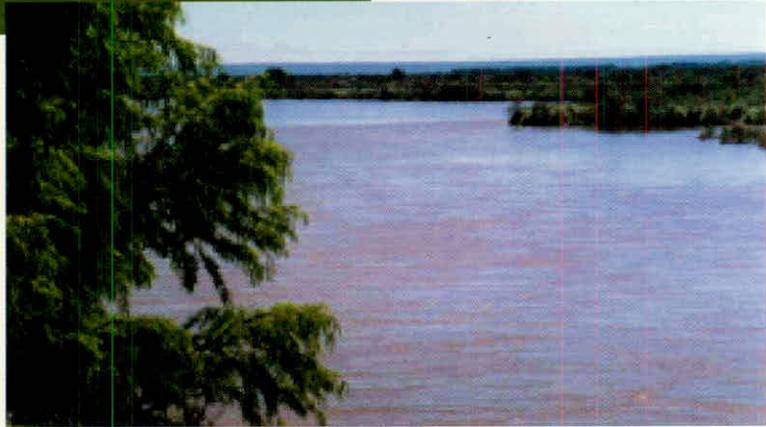


Campaña Columna Líquida	Fecha	hora	pH Agua [°C]	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
N°1	18/03/02	19:00	8,20	13,5	13,0	944
N°2	06/05/02	19:00	8,27	14,0	20,0	981
N°3	24/06/02	19:40	8,10	4,5	5,0	1.401
N°4	12/08/02	19:25	7,60	9,0	11,0	1.153
N°5	07/10/02	19:15	7,80	14,5	17,0	871
N°6	25/11/02	18:30	7,93	21,7	31,5	487

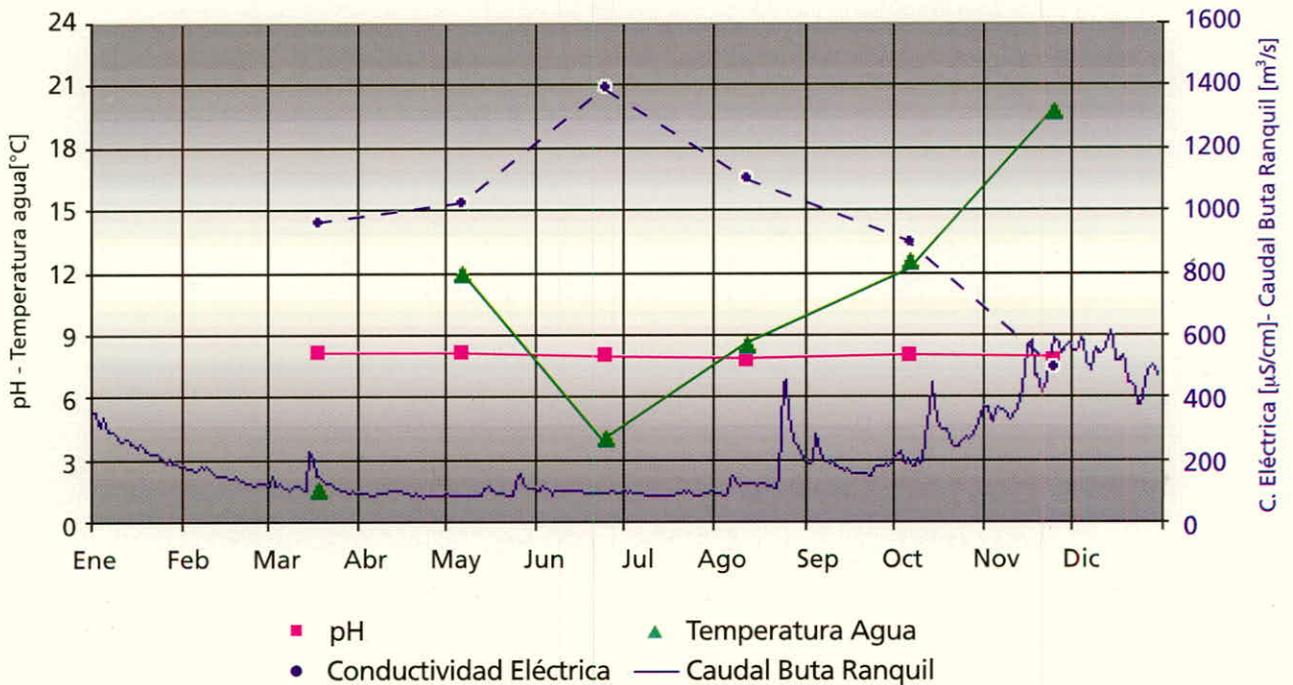


Parámetros In situ

Cuenca del Río Colorado
Río Colorado
Estación Pasarela Medanita
(CL5)



Campaña Columna Líquida	Fecha	hora	pH Agua [°C]	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
N°1	19/03/02	9:15	8,10	1,5	13,0	959
N°2	07/05/02	9:30	8,11	12,0	9,0	1.021
N°3	25/06/02	9:10	8,00	4,0	0,0	1.395
N°4	13/08/02	9:00	7,80	8,5	6,0	1.101
N°5	08/10/02	9:20	8,00	12,5	11,0	896
N°6	26/11/02	9:20	7,84	19,7	24,0	494

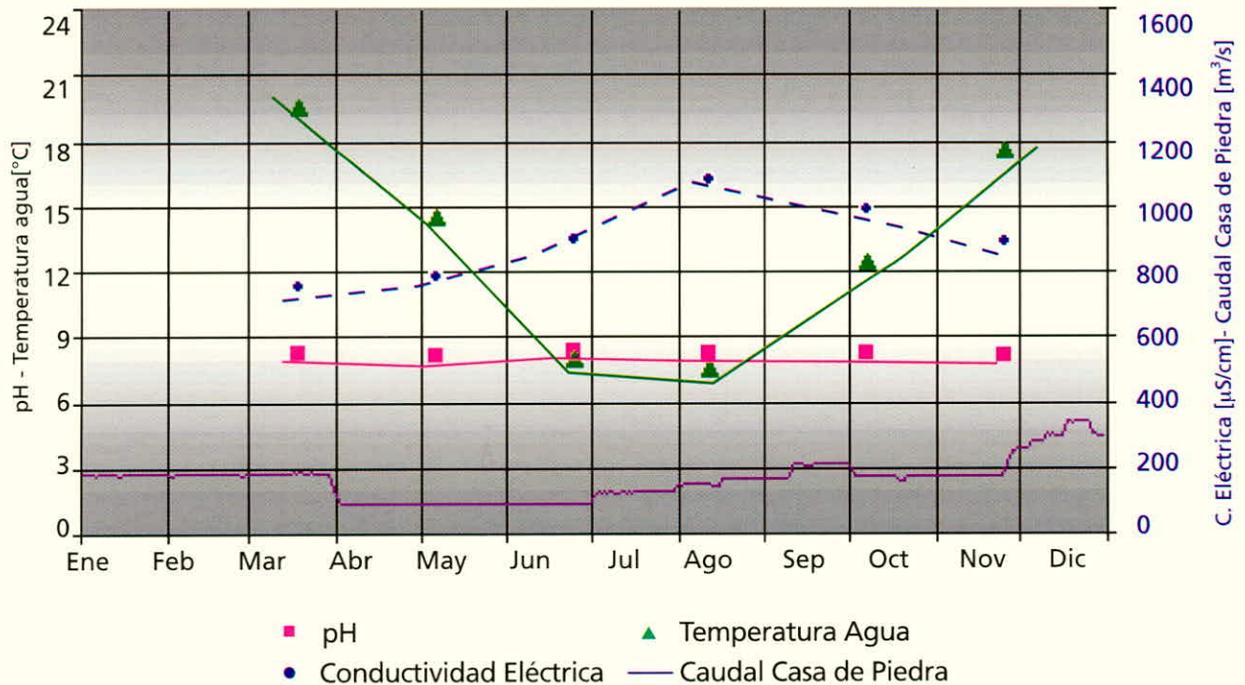


Parámetros In situ

Cuenca del **Río Colorado**
Río Colorado
Estación Casa de Piedra
 (CL6)

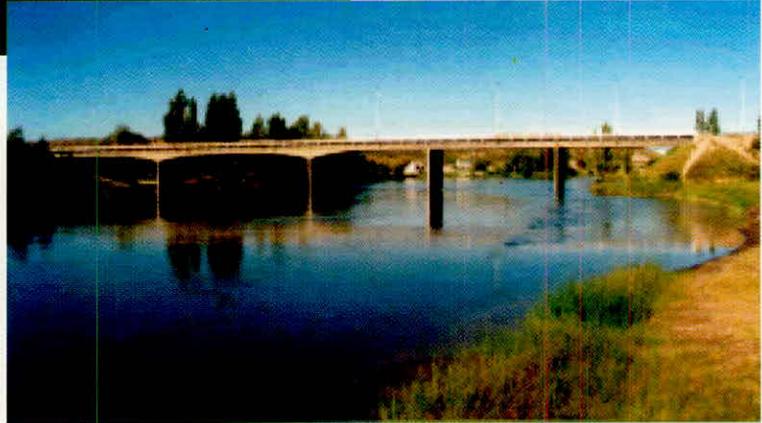


Campaña Columna Líquida	Fecha	hora	pH Agua [°C]	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [µS/cm]
N°1	19/03/02	12:00	8,20	19,5	15,0	758
N°2	07/05/02	11:30	8,14	14,5	18,0	785
N°3	25/06/02	11:40	8,30	8,0	6,5	897
N°4	13/08/02	11:20	8,20	7,5	11,0	1.080
N°5	08/10/02	11:30	8,20	12,5	18,5	994
N°6	26/11/02	11:40	8,17	17,6	25,0	889

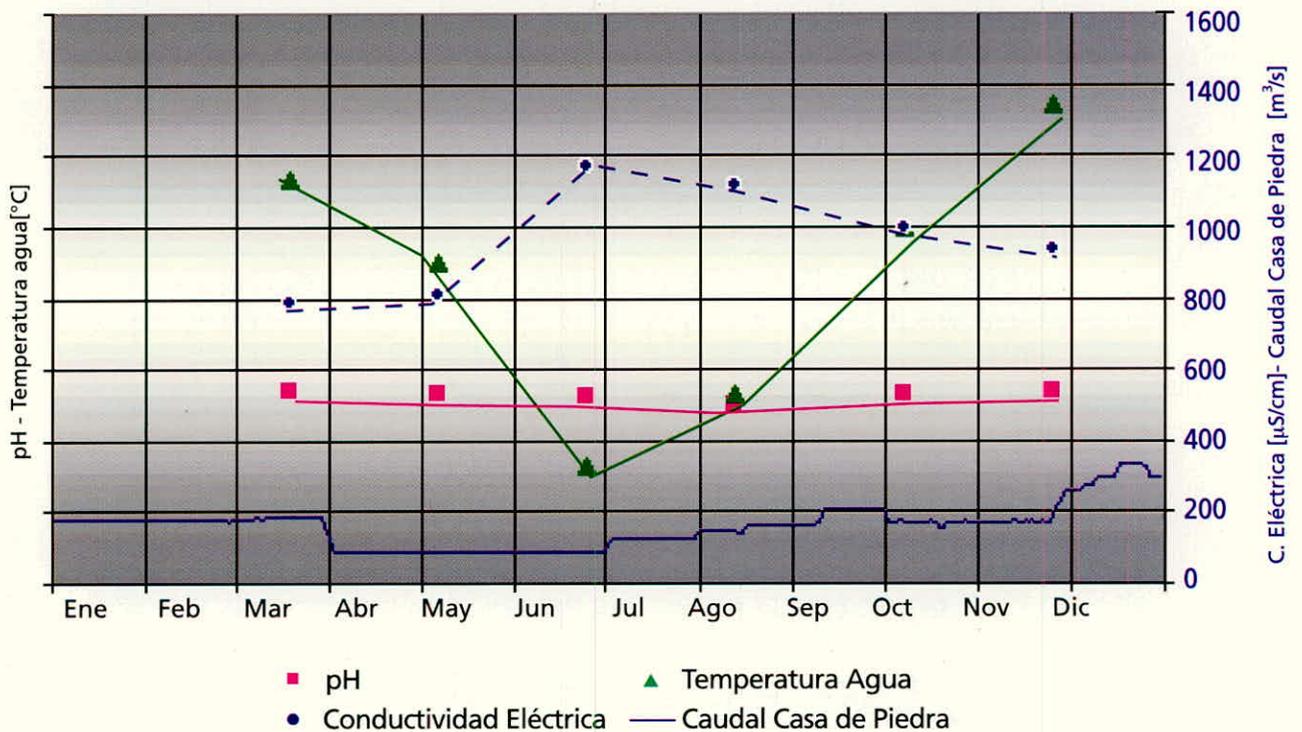


Parámetros In situ

Cuenca del Río Colorado
Río Colorado
Estación La Adela
(CL7)



Campaña Columna Líquida	Fecha	hora	pH Agua [°C]	Temperatura Agua [°C]	Temperatura Ambiente [°C]	Conductividad Eléctrica [μS/cm]
N°1	20/03/02	11:30	8,10	17,0	20,0	785
N°2	08/05/02	11:10	7,95	13,5	11,0	811
N°3	26/06/02	12:10	7,90	5,0	7,0	1.173
N°4	14/08/02	11:40	7,50	8,0	12,0	1.118
N°5	09/10/02	11:15	8,00	15,0	18,0	1.001
N°6	27/11/02	10:20	8,15	20,2	20,0	940



II.3. Sustancias investigadas

Se investigó en forma sistemática la presencia de sustancias tóxicas en la columna de agua que podrían provenir de las actividades que se desarrollan en la zona. Estas sustancias son metales y metaloides (arsénico, cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio, molibdeno, níquel, plomo y selenio) e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs). Además se llevaron a cabo determinaciones cuali y cuantitativas de hidrocarburos alifáticos como indicadores de las fuentes potenciales de hidrocarburos.

II.4. Metodología de muestreo

II.4.1. Muestras para análisis de metales y metaloides

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 hasta pH <2 y refrigeradas a temperatura <4°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.

II.4.2. Muestras para análisis de hidrocarburos

Se extrajeron muestras de agua de 2 L. de agua, 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 1+1 y refrigeración a temperatura <4° C y en esas condiciones enviadas al laboratorio.



II.5. Metodologías analíticas

II.5.1. Análisis de metales y metaloides

Los análisis de metales y metaloides se llevaron a cabo mediante las técnicas y métodos analíticos descriptos en la Tabla 2 en el laboratorio del Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN) del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

Tabla 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 electrotérmica	EPA 213.2	1
Cinc	ICP	EPA 200.7	2
Cobre	ICP	EPA 200.7	2
Cromo	A.A. por atomización electrotérmica	EPA 218.2	1
Mercurio	A.A. por vapor frío	EPA 245.1	1
Molibdeno	ICP	EPA 200.7	10
Níquel	ICP	EPA 200.7	5
Plomo	A.A. por atomización electrotérmica	EPA 239.2	5
Selenio	A.A. por generación de hidruros	EPA 206.5	2

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

II.5.2. 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 Capital Federal.

II.6. Análisis de metales y metaloides

II.6.1. 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 y una réplica (triplicado) de una muestra de agua extraída en una de las estaciones de muestreo. 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 almacenamiento 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.

Tabla 3 – Análisis de un blanco y de réplicas de muestras extraídas en una campaña de muestreo

Elemento (µg/L)	Blanco	Réplica (*)	
		A	B
Arsénico	<5	<5	<5
Cadmio	<1	<1	<1
Cinc	<2	8	5
Cobre	<2	<2	<2
Cromo	<1	<1	<1
Mercurio	<1	<1	<1
Molibdeno	<10	<10	<10
Níquel	<5	<5	<5
Plomo	<5	<5	<5
Selenio	<2	<2	<2

(*) Muestra replicada: estación La Adela – Junio 2002

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.

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.

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.

II.6.2. Valores guía para la calidad del agua

Con el objeto de evaluar la calidad del agua para ser usada como fuente de agua potable, irrigación, ganadería y para la protección de la vida acuática, los resultados obtenidos en el monitoreo de metales y metaloides, se han confrontado con valores guía (Tabla 4) derivados a tal fin (WHO 1993, CCME 2002).

Tabla 4. 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.

II.6.3. Resultados

**Tabla 5. Metales y metaloides en columna líquida
Estación CL 0
Ubicación: Río Barrancas (Puente) - Margen derecha**

Metal/metaloide (µg/L)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Arsénico	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Cadmio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Cinc	5	2	<2	<2	23	25
Cobre	8	<2	<2	<2	5	10
Cromo	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Molibdeno	<10	<10	<10	<10	<10	< 10
Níquel	<5	<5	<5	5	<5	<5
Plomo	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Selenio	<2	8	<2	3	<2	<2

**Tabla 6. Metales y metaloides en columna líquida
Estación CL 1
Ubicación: Río Grande (Bardas Blancas) - Margen derecha**

Metal/metaloide (µg/L)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Arsénico	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Cadmio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Cinc	6	4	3	6	31	31
Cobre	15	<2	3	6	8	21
Cromo	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Molibdeno	<10	<10	<10	<10	<10	< 10
Níquel	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Plomo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Selenio	<2	<2	<2	<2	<2	<2

Tabla 7. Metales y metaloides en columna líquida

Estación CL 2

Ubicación: Río Colorado (Buta Ranquil - Puente El Portón) - Margen derecha

Metal/metaloides (µg/L)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Arsénico	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Cadmio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Cinc	11	6	<2	6	32	33
Cobre	18	<2	<2	4	11	20
Cromo	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Molibdeno	<10	<10	<10	<10	<10	< 10
Níquel	<5	<5	5	<5	<5	9
Plomo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Selenio	5	<2	<2	4	5	7

Tabla 8. Metales y metaloides en columna líquida

Estación CL 3

Ubicación: Río Colorado (Desfiladero Bayo) - Margen derecha

Metal/metaloides (µg/L)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Arsénico	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Cadmio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Cinc	43	14	<2	5	35	33
Cobre	40	<2	<2	4	12	21
Cromo	1,5	<1	<1	<1	<1	2
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Molibdeno	<10	<10	<10	<10	<10	< 10
Níquel	11	<5	<5	<5	12	15
Plomo	7	<5	<5	<5	<5	< 5
Selenio	3	<2	<2	<2	9	3

Tabla 9. Metales y metaloides en columna líquida
 Estación CL 4
 Ubicación: Río Colorado (Punto Unido) - Margen izquierda

Metal/metaloides (µg/L)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Arsénico	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Cadmio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Cinc	20	9	<2	7	34	31
Cobre	19	<2	<2	4	10	17
Cromo	1,3	<1	<1	<1	<1	< 1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Molibdeno	<10	<10	<10	<10	<10	< 10
Níquel	5	<5	<5	<5	13	<5
Plomo	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Selenio	<2	<2	<2	9	4	4

Tabla 10. Metales y metaloides en columna líquida
 Estación CL 5
 Ubicación: Río Colorado (Pasarela Medanita) - Margen derecha

Metal/metaloides (µg/L)	Campaña					
	1 (19/03/02)	2 (07/05/02)	3 (25-06-02)	4 (13/08/02)	5 (08/10/02)	6 (26/11/02)
Arsénico	<5	<5	<5	<5	<5	<5 <5 <5
Cadmio	<1	<1	<1	<1	<1	<1 <1 <1
Cinc	21	10	<2	7	28	36 34 37
Cobre	20	<2	<2	3	4	19 21 21
Cromo	<1	<1	<1	<1	<1	<1 <1 <1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	<1 <1 <1
Molibdeno	<10	<10	<10	<10	<10	<10 <10 <10
Níquel	14	<5	<5	<5	<5	7 8 11
Plomo	17	<5	<5	<5	<5	<5 <5 <5
Selenio	7	<2	<2	<2	<2	3 <2 5

(*) Muestra por triplicado

Tabla 11. Metales y metaloides en columna líquida
Estación CL 6
Ubicación: Descarga embalse Casa de Piedra - Margen derecha

Metal/metaloides (µg/L)	Campaña					
	1 (19/03/02)	2 (07/05/02)	3 (25-06-02)	4 (13/08/02)	5 (08/10/02)	6 (26/11/02)
Arsénico	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Cadmio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Cinc	<2	4	<2	5	29	29
Cobre	<2	<2	<2	<2	2	3
Cromo	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Molibdeno	<10	<10	<10	<10	<10	< 10
Níquel	<5	<5	<5	<5	<5	7
Plomo	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Selenio	4	<2	<2	<2	<2	5

Tabla 12. Metales y metaloides en columna líquida
Estación CL 7
Ubicación: Río Colorado (La Adela- Puente Viejo) - Margen derecha

Metal/metaloides (µg/L)	Campaña											
	1 (19/03/02)		2 (07/05/02)		3 (25-06-02)		4 (13/08/02)		5 (08/10/02)		6 (26/11/02)	
Arsénico	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Cadmio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Cinc	<2	<2	16	15	8	5	6	4	30	31	32	32
Cobre	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	<2	2	5	4	4
Cromo	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	< 1
Molibdeno	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	< 10
Níquel	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6
Plomo	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	< 5
Selenio	3	4	3	<2	<2	<2	5	<2	2	<2	<2	<2

(*) Muestra por duplicado

En la primera campaña de muestreo, realizada en el mes de marzo, se detectaron en las estaciones CL 3 (Desfiladero Bayo), CL 4 (Punto Unido) y CL 5 (Pasarela Medanito) niveles de cinc y cobre más altos que los habituales, observándose también la presencia de cromo (estaciones CL 3 y CL 4), níquel (estaciones CL 3, CL 4 y CL 5) y plomo (estaciones CL 3 y CL 5) (Tablas 8, 9 y 10).

En las campañas 5ª y 6ª, realizadas en los meses de octubre y noviembre, se observaron también valores más altos que los habituales de cinc y cobre en todos los sitios, incluida la estación de referencia (Río Grande) (Tablas 5 a 12). Aguas abajo del embalse (estaciones CL 6 y CL 7) los valores de cobre retornaron a los niveles habituales en tanto que los de cinc se mantuvieron elevados (Tablas 11 y 12).

II.6.4. Discusión

La situación general en el período de estudio fue de no detección de metales y metaloides en todas las estaciones en las seis campañas de muestreo. La excepción la constituyó el cinc y el cobre que son considerados metales de origen natural en la cuenca ya que se los encuentra por igual en las estaciones de referencia y en áreas con influencia antrópica, en niveles similares. También hubo detecciones aisladas de níquel, selenio y, en dos ocasiones, de plomo.

a – Fuente de agua potable

Las concentraciones de metales y metaloides (cinc, cobre, cromo, níquel, plomo y selenio) observadas resultaron inferiores (con la excepción de una detección de plomo) a los valores guía para definir la aptitud del agua para ser utilizada como fuente de agua potable adoptadas en el programa. La concentración de plomo detectada, por ser aislada, no implica una alteración del agua para uso como fuente de agua potable (WHO, 1993), si bien fue en un sitio donde no existen captaciones para suministros públicos. Por lo tanto, al igual que en períodos de estudio de años anteriores, *se concluye que el agua en el sistema del río Colorado en el área de estudio, mantiene su aptitud para ser utilizada como fuente de agua potable, de acuerdo a las normas internacionales (WHO, 1993) adoptadas en el programa.*

b – Protección de la vida acuática

El monitoreo de metales y metaloides que se realiza, en forma ininterrumpida desde el año 1997, ha puesto de manifiesto que la presencia de cinc y cobre, y, más aisladamente cromo, plomo, níquel y selenio, en el sistema del río Colorado, es un hecho constante y de amplia distribución espacial, que ocurre aún en áreas libres de influencia antrópica. Las concentraciones de estos elementos tienen lugar habitualmente en rangos típicos para cada uno de ellos. Este hecho, unido a la distribución espacial generalizada, descarta que su origen provenga de una fuente puntual.

Por otra parte, los metales y el metaloide antes mencionados, se encuentran habitualmente en los sedimentos de fondo de toda el área, con una distribución bastante uniforme, horizontal y vertical, tanto en las fracciones finas (<63 μm) constituidas por arcillas y limos, como en las gruesas, representadas por las arenas finas (>63 μm y <2 mm). Esto sugiere que su origen estaría vinculado a la conformación geológica de la región. Además, la presencia de estos elementos en la estación de referencia, libre de influencia antrópica, refuerza esta presunción.

En la presente etapa de estudio, el incremento en las concentraciones de cinc y cobre parece estar asociado a los caudales extraordinarios en los ríos de la cuenca, debidos a la crecida anual que se registra con el inicio de la fusión nival a partir del mes de octubre, la cual tuvo particular intensidad en este ciclo hidrológico. Esta situación fue determinante de una mayor erosión de márgenes y de resuspensión y arrastre de sedimentos de fondo.

Sin embargo, en marzo de 2002, en la estación CL 3, fueron observados niveles de cinc y cobre (por debajo de los límites admisibles para uso como fuente de agua) que podrían haber tenido relación con algunos incidentes de la producción industrial, seguidos de la ocurrencia de importantes precipitaciones pluviales y las consiguientes crecidas en la zona (Perl, 2002).

Los valores de metales y metaloides en columna líquida, observados en este ciclo con anterioridad al incremento antes mencionado, en algunos casos superan los valores guía para la protección de la vida acuática, pero la significación de esta situación ya ha sido evaluada precedentemente (Alcalde, 2001, Perl 2002), y también en este período de estudio, a través de la realización de ensayos ecotoxicológicos con agua de distintos sitios. Estos ensayos han puesto de manifiesto la ausencia de efectos tóxicos crónicos significativos para *Daphnia magna* (organismo de ensayo) expuesta a las concentraciones antes señaladas.

II.7. Análisis de hidrocarburos

II.7.1 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio

Para el control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio correspondientes al análisis de hidrocarburos se incluyó en una de las campañas una serie de muestras de control de calidad compuesta por: un blanco de agua ultrapura y una réplica (triplicado) de una muestra de agua extraída en una de las estaciones de muestreo. Además, en cada campaña se incluyó con cada lote de muestras un blanco y réplica (duplicado) de una de las muestras. El origen e identificación de estas muestras era desconocido por el laboratorio.

II.7.2 Valores guía para la calidad del agua

La evaluación de los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en agua se llevó a cabo tomando como referencia los valores guías para la protección de la vida acuática publicados en Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (CCME 2002), los cuales figuran en la Tabla 15.

Tabla 13 – Valores guía de HAPs para la protección de la vida acuática¹

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

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

II.7.3 Resultados

Las Tablas 14 a 27 muestran los resultados de los análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) y alifáticos en columna líquida, correspondientes a los muestreos realizados bimestralmente entre marzo y noviembre de 2002.

Los HAPs investigados son los que pueden estar originados en distintas fuentes naturales y antropogénicas y definen la calidad del agua, tanto para su uso como fuente de agua potable como para la protección de la vida acuática.

Tabla 14. Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en columna líquida Estación CL 0 - Río Barrancas (Puente)

Metal/metaloide (µg/L)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
BenzoAntraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
DiBenzo[ah]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	0,013	<LC
Indenopireno	<LC	<LC	<LC	<LC	0,012	<LC
Total	-	-	-	-	0,025	-

Límite de cuantificación (LC): 0,005 µg/L.

Tabla 15. Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en columna líquida Estación CL 1 - Río Grande (Bardas Blancas)

Metal/metaloide ($\mu\text{g/L}$)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
BenzoAntraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
DiBenzo[ah]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	0,028	<LC
Indenopireno	<LC	<LC	<LC	<LC	0,020	<LC
Total	-	-	-	-	0,048	

Límite de cuantificación (LC): 0,005 $\mu\text{g/L}$.

Tabla 16. Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en columna líquida Estación CL 2 - Río Colorado (Buta Ranquil) – Margen derecha

Metal/metaloide (µg/L)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Naftaleno	0.014	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
BenzoAntraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
DiBenzo[ah]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indenopireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	0.014	-	-	-	-	-

Límite de cuantificación (LC): 0,005 µg/L.

Tabla 17. Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en columna líquida Estación CL 3 - Río Colorado (Desfiladero Bayo) – Margen derecha

Metal/metaloide (µg/L)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Naftaleno	0.018	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Naftaleno	0.046	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
BenzoAntraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
DiBenzo[ah]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indenopireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	0.064	-	-	-	-	-

Límite de cuantificación (LC): 0,005 µg/L.

Tabla 18. Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en columna líquida Estación CL 4 - Río Colorado (Punto Unido) – Margen izquierda

Metal/metaloide (µg/L)	Campaña					
	1 (18/03/02)	2 (06/05/02)	3 (24-06-02)	4 (12/08/02)	5 (07/10/02)	6 (25/11/02)
Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
BenzoAntraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
DiBenzo[ah]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indenopireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	-	-	-	-	-	-

Límite de cuantificación (LC): 0,005 µg/L.

Tabla 19. Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en columna líquida Estación CL 5 - Río Colorado (Pasarela Medanito) – Margen derecha

Metal/metaloide (µg/L)	Campaña							
	1 (19/03/02)	2 (07/05/02)	3 (25-06-02)	4 (13/08/02)	5 (08/10/02)	6 (26/11/02)		
Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0.008	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Naftaleno	0.011	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
BenzoAntraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
DiBenzo[ah]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	0.022	<LC	<LC	<LC
Indenopireno	<LC	<LC	<LC	<LC	0.017	<LC	<LC	<LC
Total	0.011	-	-	-	0.039	-	0.088	-

Límite de cuantificación (LC): 0,005 µg/L.

Tabla 20. Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en columna líquida Estación CL 6 - Descarga Casa de Piedra – Margen derecha

Metal/metaloide (µg/L)	Campaña					
	1 (19/03/02)	2 (07/05/02)	3 (26-06-02)	4 (13/08/02)	5 (08/10/02)	6 (23/11/02)
Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
BenzoAntraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
DiBenzo[ah]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indenopireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	-	-	-	-	-	-

Límite de cuantificación (LC): 0,005 µg/L.

Tabla 21. Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en columna líquida Estación CL 7 - Río Colorado (La Adela - Puente viejo) - Margen derecha

Metal/metaloide (µg/L)	Campaña											
	1 (20/03/02)		2 (08/05/02)		3 (26-06-02)		4 (14/08/02)		5 (09/10/02)		6 (27/11/02)	
Naftaleno	<LC	<LC										
Acenafteno	<LC	<LC										
Acenaftileno	<LC	<LC										
Fluoreno	<LC	<LC										
Fenantreno	<LC	<LC										
Antraceno	<LC	<LC										
Metil Naftaleno	<LC	<LC										
Dimetil Naftaleno	<LC	<LC										
Metil Fenantreno	<LC	<LC										
Dimetil Fenantreno	<LC	<LC										
Fluoranteno	<LC	<LC										
Pireno	<LC	<LC										
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC										
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC										
Criseno	<LC	<LC										
BenzoAntraceno	<LC	<LC										
Benzo[a]pireno	<LC	<LC										
DiBenzo[ah]antraceno	<LC	<LC										
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC										
Indenopireno	<LC	<LC										
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Límite de cuantificación (LC): 0,005 µg/L.

Tabla 22. Hidrocarburos alifáticos en columna líquida - Campaña marzo de 2002.

Hidrocarburo (µg/L)	Estación								
	CL 0	CL 1	CL 2	CL 3	CL 4	CL 5	CL 6	CL7 (*)	
C11	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C12	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C13	<LC	<LC	<LC	0,11	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Farnesano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C14	<LC	<LC	<LC	0,11	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C15	<LC	<LC	<LC	0,14	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C16	<LC	<LC	<LC	0,14	<LC	0,13	<LC	<LC	<LC
Norpristano	<LC	<LC	<LC	0,18	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C17	0,10	<LC	0,17	0,37	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC
Pristano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C18	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fitano	<LC	<LC	<LC	0,17	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C19	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C20	<LC	<LC	<LC	0,11	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC
C21	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C22	<LC	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C23	<LC	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C24	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C25	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C26	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C27	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C28	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C29	<LC	<LC	0,19	0,65	0,64	0,61	<LC	<LC	<LC
C30	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C31	<LC	<LC	0,16	0,28	0,39	0,35	<LC	<LC	<LC
C32	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C33	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C34	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C35	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C36	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C36	0,10	-	0,52	2,46	1,03	1,29	-	-	-

CL 0: río Barrancas; CL 1: río Grande; CL 2: Buta Ranquil; CL 3 Desfiladero Bayo; CL 4: Punto Unido; CL 5: Pasarela Medanito; CL 6: Descarga embalse, Casa de Piedra; CL 7: La Adela - LC: 0,1 µg/L - (*) duplicado

Tabla 23. Hidrocarburos alifáticos en columna líquida - Campaña mayo de 2002.

Hidrocarburo (µg/L)	Estación								
	CL 0	CL 1	CL 2	CL 3	CL 4	CL 5	CL 6	CL7 (*)	
C11	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C12	<LC	<LC	0,14	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C13	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Farnesano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C14	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C15	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C16	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Norpristano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C17	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pristano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C18	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fitano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C19	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C20	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C21	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C22	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C23	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C24	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC
C25	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C26	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C27	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C28	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C29	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,13	<LC	<LC	<LC
C30	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C31	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC
C32	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C33	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C34	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C35	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C36	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	-	-	0,40	-	-	0,23	-	-	-

CL 0: río Barrancas; CL 1: río Grande; CL 2: Buta Ranquil; CL 3 Desfiladero Bayo; CL 4: Punto Unido;
CL 5: Pasarela Medanita; CL 6: Descarga embalse Casa de Piedra; CL 7: La Adela - LC: 0,1 µg/L - (*) duplicado

Tabla 24. Hidrocarburos alifáticos en columna líquida - Campaña junio de 2002.

Hidrocarburo (µg/L)	Estación								
	CL 0	CL 1	CL 2	CL 3	CL 4	CL 5	CL 6	CL7 (*)	
C11	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C12	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C13	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Farnesano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C14	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C15	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C16	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Norpristano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C17	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pristano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C18	0,10	<LC	0,11						
Fitano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C19	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C20	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C21	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C22	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C23	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C24	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C25	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C26	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C27	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C28	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C29	<LC	2,00	<LC	<LC	0,11	0,13	<LC	<LC	<LC
C30	<LC	0,24	0,10	0,19	0,12	<LC	<LC	<LC	<LC
C31	0,18	2,60	0,20	0,15	0,16	0,10	<LC	0,24	0,16
C32	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C33	<LC	0,40	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C34	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C35	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C36	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	0,28	5,24	0,40	0,34	0,39	0,23	-	0,24	0,27

CL 0: río Barrancas; CL 1: río Grande; CL 2: Buta Ranquil; CL 3 Desfiladero Bayo; CL 4: Punto Unido;
CL 5: Pasarela Medanita; CL 6: Descarga embalse Casa de Piedra; CL 7: La Adela - LC: 0,1 µg/L - (*) duplicado

Tabla 25. Hidrocarburos alifáticos en columna líquida - Campaña agosto de 2002.

Hidrocarburo (µg/L)	Estación								
	CL 0	CL 1	CL 2	CL 3	CL 4	CL 5	CL 6	CL7 (*)	
C11	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C12	<LC	<LC	0,45	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C13	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Farnesano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C14	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C15	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C16	0,10	0,11	0,10	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Norpristano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,11	<LC
C17	0,13	0,12	0,16	0,10	0,13	<LC	0,10	<LC	<LC
Pristano	0,15	0,13	0,12	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C18	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fitano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C19	0,10	<LC	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC	<LC
C20	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C21	0,13	0,11	0,10	0,11	0,10	<LC	0,12	<LC	0,10
C22	<LC	<LC	0,11	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C23	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C24	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C25	0,10	<LC	<LC						
C26	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C27	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,13
C28	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C29	0,14	0,22	0,37	0,18	0,22	0,28	<LC	<LC	0,15
C30	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C31	<LC	<LC	0,17	<LC	0,15	0,16	<LC	0,13	0,12
C32	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C33	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C34	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C35	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,41	<LC	<LC
C36	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	0,85	0,69	1,58	0,39	0,70	0,44	0,63	0,24	0,50

CL 0: río Barrancas; CL 1: río Grande; CL 2: Buta Ranquil; CL 3 Desfiladero Bayo; CL 4: Punto Unido;
CL 5: Pasarela Medanita; CL 6: Descarga embalse Casa de Piedra; CL 7: La Adela - LC: 0,1 µg/L - (*) duplicado

Tabla 26. Hidrocarburos alifáticos en columna líquida - Campaña octubre de 2002.

Hidrocarburo (µg/L)	Estación								
	CL 0	CL 1	CL 2	CL 3	CL 4	CL 5	CL 6	CL7 (*)	
C11	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C12	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C13	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Farnesano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C14	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C15	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C16	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,18	<LC	<LC	<LC
Norpristano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C17	<LC	0,10	0,17	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pristano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C18	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,22	<LC	<LC	<LC
Fitano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C19	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C20	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,14	<LC	<LC	<LC
C21	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C22	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,13	<LC	<LC	<LC
C23	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C24	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C25	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C26	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C27	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC	<LC	0,10	0,13
C28	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C29	<LC	0,10	0,13	<LC	<LC	<LC	<LC	0,13	0,10
C30	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C31	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C32	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C33	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C34	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C35	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C36	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	-	0,20	0,40	-	-	0,67	-	0,23	0,23

CL 0: río Barrancas; CL 1: río Grande; CL 2: Buta Ranquil; CL 3 Desfiladero Bayo; CL 4: Punto Unido;
CL 5: Pasarela Medanito; CL 6: Descarga embalse Casa de Piedra; CL 7: La Adela - LC: 0,1 µg/L - (*) duplicado

Tabla 27. Hidrocarburos alifáticos en columna líquida - Campaña de noviembre de 2002.

Hidrocarburo (µg/L)	Estación								
	CL 0	CL 1	CL 2	CL 3	CL 4	CL 5	CL 6	CL7 (*)	
C11	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C12	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C13	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Farnesano	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C14	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C15	0,14	0,10	<LC	<LC	<LC	0,12	0,10	<LC	<LC
C16	0,28	0,13	0,14	0,11	<LC	0,21	0,12	<LC	<LC
Norpristano	0,10	<LC	<LC	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC
C17 + Pristano	0,28	0,22	0,22	0,23	0,13	0,22	0,22	<LC	<LC
C18	0,17	<LC	<LC	<LC	<LC	0,11	0,10	<LC	<LC
Fitano	0,18	0,13	0,12	0,15	<LC	0,12	0,11	<LC	<LC
C19	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C20	0,14	<LC	<LC	<LC	<LC	0,12	<LC	<LC	<LC
C21	0,11	<LC	<LC	<LC	0,10	<LC	<LC	<LC	<LC
C22	0,12	<LC	<LC	0,11	0,13	0,15	0,11	<LC	<LC
C23	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C24	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C25	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C26	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C27	0,11	<LC	<LC	0,11	<LC	0,11	0,11	<LC	0,18
C28	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C29	0,21	<LC	0,16	0,39	0,23	0,40	0,36	<LC	0,21
C30	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C31	0,13	<LC	<LC	0,20	0,12	0,20	0,19	<LC	0,10
C32	<LC	<LC	<LC	<LC	0,11	<LC	<LC	<LC	<LC
C33	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C34	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C35	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
C36	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	2,0	0,58	0,64	1,30	0,82	2,21	1,42	-	0,49

CL 0: río Barrancas; CL 1: río Grande; CL 2: Buta Ranquil; CL 3 Desfiladero Bayo; CL 4: Punto Unido; CL 5: Pasarela Medanito; CL 6: Descarga embalse ,Casa de Piedra; CL 7: La Adela - LC: 0,1 µg/L - (*) duplicado

II.7.4. Discusión

Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares

a - fuente de agua potable

Durante el periodo de estudio no hubo prácticamente detección de HAPs al nivel del límite de cuantificación del método (0,005 µg/L). Los pocos compuestos que fueron detectados siempre estuvieron por debajo del valor guía adoptado para el programa (0,1 µg/L).

En función de los resultados obtenidos se concluye que no existe riesgo para la salud humana en relación con estas sustancias (WHO 1997).

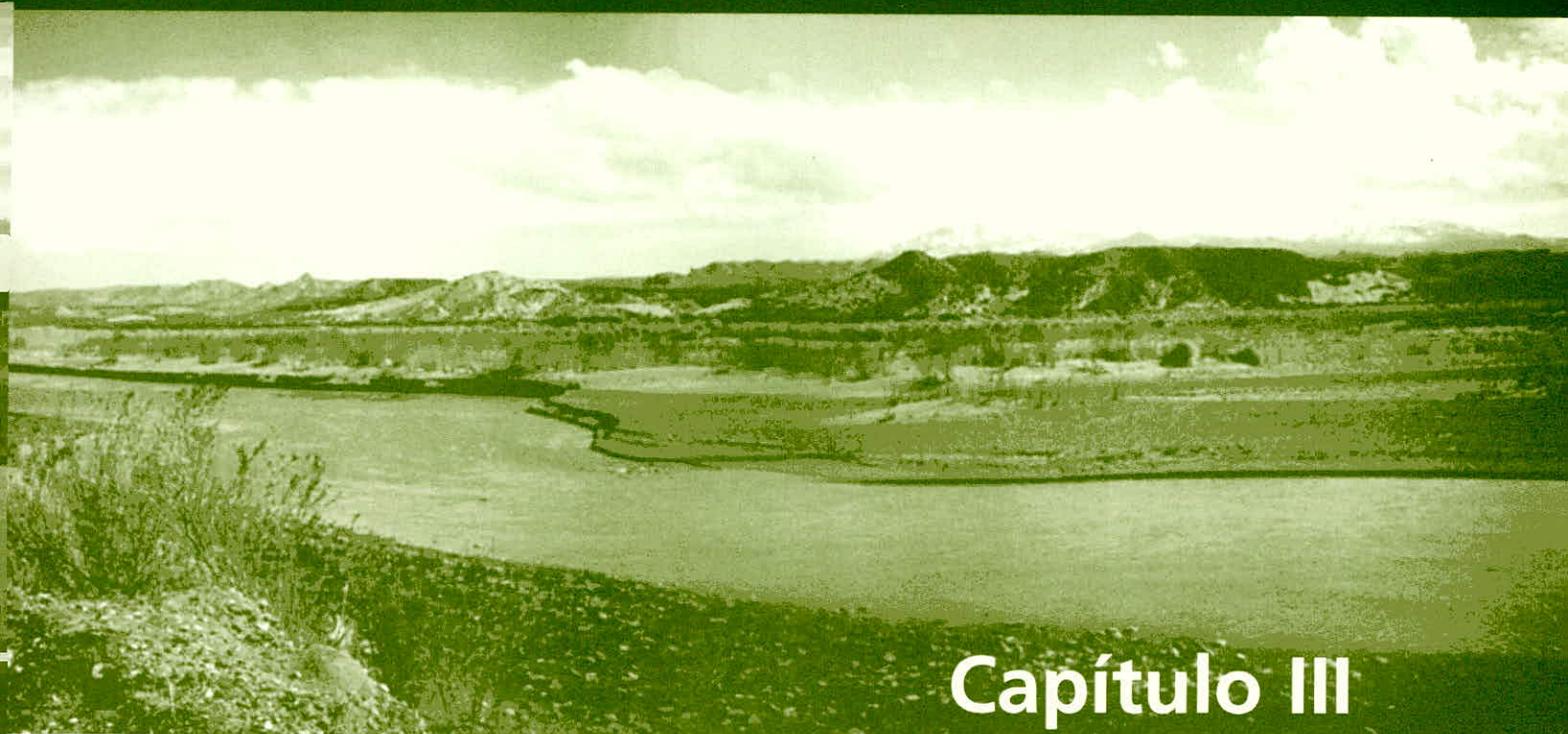
Los caudales excepcionales en los ríos de la cuenca, registrados durante el corriente año, no modificaron la situación antes referida.

b- protección de la vida acuática

Los resultados obtenidos en los análisis efectuados para la determinación de la presencia de HAPs en los distintos sitios de muestreo en los ríos de la cuenca, han ratificado, como en las campañas efectuadas en años anteriores, la continuidad de la calidad del recurso para el desarrollo de la vida acuática.

Hidrocarburos Alifáticos

En general hubo muy escasa detección de hidrocarburos alifáticos durante el período de estudio. La excepción la constituyó la estación CL 3 (Desfiladero Bayo) en la campaña del mes de marzo y las estaciones CL 0 (río Barrancas) y CL 5 (Pasarela Medanito) en la campaña de noviembre. Estos hechos podrían haber tenido relación con importantes precipitaciones pluviales en la zona y en la alta cuenca, con las consiguientes crecidas.



Capítulo III

Investigación de sustancias tóxicas en sedimentos de fondo

III. Investigación de sustancias tóxicas en sedimentos de fondo

III.1. Sustancias investigadas

Se investigó la presencia de 14 metales/metaloideos en la fracción recuperable total (biodisponibles) y de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en sedimentos de fondo.

III.2. Estaciones de muestreo

Las muestras de sedimentos fueron extraídas en el embalse Casa de Piedra y en el río Colorado en los sitios que se indican en la Tabla 28.

Tabla 28 . Ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos de fondo

Estación	Coordenadas geográficas	Profundidad de la columna de agua (m)
Cola embalse Casa de Piedra (sitio 1)	S 38° 10' 22" O 67° 40' 25"	1
Cola embalse Casa de Piedra (sitio 2)	S 38° 10' 19" O 67° 40' 27"	1,10
Embalse Casa de Piedra, TOMA (sitio 1)	S 38° 13' 01" O 67° 12' 16"	24
Embalse Casa de Piedra, TOMA (sitio 2)	S 38° 12' 52" O 67° 12' 07"	26
Embalse Casa de Piedra, TOMA (sitio 3)	S 38° 12' 44" O 67° 11' 59"	30
Río Colorado (Gobernador Duval)	S 38° 44' 48" O 66° 25' 46"	-

Campaña efectuada 16 y 17 septiembre 2002. Cota embalse 16 y 17 septiembre: 279,62 m.s.n.m.

III.3. Metodología de muestreo

Los muestreos de sedimentos en el embalse Casa de Piedra (cola y toma) fueron llevados a cabo desde una embarcación, empleando una draga tipo Eckman. Las muestras de sedimentos extraídas en los diferentes sitios en cada estación fueron submuestreadas, tomándose porciones de sedimento que no habían entrado en contacto con la draga, mediante implementos de vidrio previamente lavados con ácido nítrico 1+1 y enjuagados con agua ultrapura. Las submuestras fueron reunidas y homogeneizadas en recipientes de vidrio previamente acondicionados en la forma antes indicada. De esta manera se generó una muestra integrada por estación. Posteriormente se extrajeron las porciones para enviar a los laboratorios. Se estimó que los sedimentos obtenidos son representativos del estrato 0 -10 cm.

Para la extracción de las muestras de sedimentos en el río Colorado (Gobernador Duval) se utilizó un tubo de acrílico (corer) de 5 cm. de diámetro interno y 65 cm. de largo, previamente lavado con ácido nítrico 1+1 y enjuagado con agua ultrapura. Se tomaron 16 muestras, utilizándose de cada una de ellas los primeros 5 cm de sedimentos. Las 16 submuestras se reunieron y homogeneizaron en recipientes de vidrio previamente lavados con ácido nítrico 1+1 y enjuagados con agua ultrapura. Posteriormente se extrajeron las porciones para enviar a los laboratorios.

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 para cromatografía.

Las muestras fueron mantenidas en campo en conservadoras con hielo y posteriormente congeladas en freezer y enviadas en ese estado a los laboratorios.

III.4. 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 Mínero Argentino (SEGEMAR).

Las muestras fueron sometidas a digestión ácida débil en horno a microondas de acuerdo a la norma EPA 3051. Las concentraciones de metales/metaloides determinadas por este método corresponden a la fracción denominada "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 efectuadas por espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros.

III.4.1. Calidad analítica

Con el fin de verificar la calidad analítica se efectuó, junto con las muestras de sedimentos, el análisis de un material de referencia certificado (WQB-3 - Reference Sediment – National Research Institute, NWRI – Canada). El resultado del análisis de dicho material se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29 . Análisis de metales recuperables totales en el material de referencia WQB-3 (Reference Sediment) – National Research Institute (NWRI) - Canada

Elemento	Valores de referencia NLET(*) (µg/g)	Concentración hallada (µg/g)	% Error
Arsénico	17,8	17	(-) 4,49
Bario	220	210	(-) 4,55
Boro	56	52	(-) 7,14
Cadmio	4,70	4,5	(-) 4,26
Cinc	1407	1375	(-) 2,27
Cobre	80,8	78	(-) 3,47
Cromo	105	101	(-) 3,81
Mercurio	-	2,6	-
Molibdeno	1,66	1,5	(-) 9,64
Níquel	53,8	52	(-) 3,35
Plata	1,69	1,6	(-) 5,33
Plomo	242	234	(-) 3,31
Selenio	1,630	1,5	(-) 7,96
Vanadio	76,5	71	(-) 7,19

NLET: National Environmental Testing Laboratory

III.4.2. Resultados

En la Tabla 30 se muestran los resultados del análisis de metales/metaloideos 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.

Tabla 30. Concentraciones de metales/metaloideos en la fracción recuperable total en sedimentos de fondo del embalse Casa de Piedra y del río Colorado aguas abajo de la descarga

Metal/metaloide ($\mu\text{g/g}$)	Embalse Casa de Piedra		Río Colorado (Gobernador Duval)
	cola	toma	
Arsénico	7,6	9,6	5,0
Bario	223	247	209
Boro	33	34	19
Cadmio	1,5	1,9	1,0
Cinc	73	92	49
Cobre	37	48	17
Cromo	25	25	14
Mercurio	<0,05	0,09	0,09
Molibdeno	<1	<1	<1
Níquel	24	32	15
Plata	<1	<1	<1
Plomo	13	19	7,8
Selenio	1,1	1,4	0,7
Vanadio	89	146	75

Tabla 31. Comparación de las concentraciones de metales/metaloideos en la fracción recuperable total en sedimentos de fondo de la toma del embalse Casa de Piedra observadas en los años 2000 y 2002

Elemento	Concentración ($\mu\text{g/g}$, peso seco)	
	Año 2000	Año 2002
Arsénico	4,6	9,6
Bario	140	247
Boro	18	34
Cadmio	1,8	1,9
Cinc	40	92
Cobre	26	48
Cromo	8,5	25
Mercurio	0,15	0,09
Molibdeno	<1	<1
Níquel	8,6	32
Plata	<1	<1
Plomo	8,2	19
Selenio	<1	1,4
Vanadio	49	146

III.4.3 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides en sedimentos de fondo fueron evaluados tomando como referencia los valores guía para la protección de la vida acuática (Tabla 32) publicados en Canadian Sediment Quality for the Aquatic Life Protection (CCME 2002).

Tabla 32. Valores guía para la calidad de sedimentos de agua dulce para la protección de la vida acuática (CCME 2002)

Elemento	Valor guía (µg/g)
Arsénico	5,9
Cadmio	0,6
Cinc	123
Cobre	35,7
Cromo	37,3
Mercurio	0,17
Plomo	35,0

III.4.4 Discusión

En los sedimentos de fondo del embalse Casa de Piedra, en particular en la toma, en el presente ciclo se han observado concentraciones de ciertos metales y metaloides en la fracción recuperable total más elevadas que las registradas en el año 2000 (Alcalde, 2001). Las concentraciones de arsénico, bario, boro, cinc, cobre y plomo se han duplicado, en tanto que las de cromo, níquel y vanadio aumentaron unas tres veces. No se observaron incrementos apreciables en las concentraciones de cadmio, mercurio y selenio. Este hecho estaría vinculado a los caudales excepcionales que se han registrado en el presente ciclo hidrológico, aumentando la erosión y provocando un mayor transporte de material particulado. El origen de los metales y metaloides observados estaría vinculado a la geología de la zona, ya que los mismos son comunes, en concentraciones similares, en los sedimentos presentes en la cabecera de la cuenca, en áreas libres de influencia antrópica (Alcalde et al. 2000, Perl 2000).

Las concentraciones de metales y metaloides en sedimentos de fondo aguas abajo de la descarga del embalse Casa de Piedra (Gobernador Duval), retornan a valores similares a los observados en el embalse en el año 2000.

En las presentes condiciones, las concentraciones de arsénico, cadmio y cobre en los sedimentos del embalse Casa de Piedra superan ligeramente los valores guía para la protección de la vida acuática, mientras que en los sedimentos del río Colorado aguas abajo de la descarga (Gobernador Duval) los metales/metaloides cumplen con los respectivos valores guía.

III.5 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 masas en el laboratorio CIC S.R.L. de Capital Federal.

Porciones de muestras de sedimentos, entre 55 y 69 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 el menor volumen posible 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.

III.5.1 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/L 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, Dibenzoantraceno, Benzo[ghi]perileno, Indeno[1,2,3-cd]pireno. La Tabla 33 muestra los porcentajes de recuperación obtenidos.

Tabla 33. Porcentajes de recuperación de HAPs en una muestra de sedimentos adicionada con un estándar para dar una concentración de 0,097 µg/g de cada hidrocarburo.

Hidrocarburo	Concentración hallada (µg/g)		% Recuperación
	Muestra adicionada	Muestra sin adición	
Naftaleno	0,035	0,001	34,5
Acenafteno	0,064	<LC	66,0
Acenaftileno	0,075	<LC	77,3
Fluoreno	0,065	<LC	67,0
Fenantreno	0,069	<LC	71,1
Antraceno	0,099	<LC	102,1
Fluoranteno	0,084	0,009	77,3
Pireno	0,087	0,006	83,5
Benzo[b+k]fluoranteno	0,172	0,005	172,2
Criseno	0,101	0,001	86,1
Benzo[a]antraceno	0,068	0,011	59,8
Benzo[a]pireno	0,089	0,010	81,4
Dibenzo[a,h]antraceno	0,092	<LC	94,8
Benzo[ghi]perileno	0,080	<LC	82,5
Indeno[1,2,3-cd]pireno	0,075	<LC	77,3

(*) Los isómeros b y k no se separan en estas concentraciones. Para el cálculo de los porcentajes de recuperación los valores inferiores al límite de cuantificación (LC) fueron considerados igual a cero.

Obtención de muestra de sedimentos en Río Colorado, usando tubo de acrílico (cater)



III.5.2 Resultados

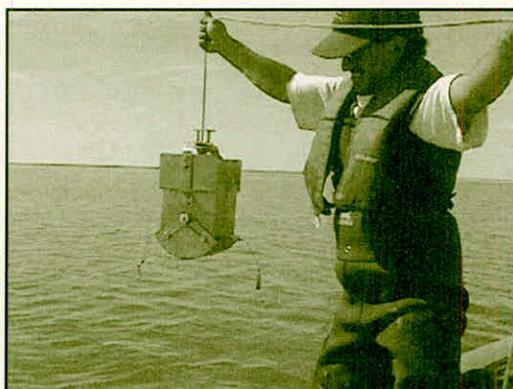
En la Tabla 34 figuran los resultados del análisis de HAPs en sedimentos de fondo en el embalse Casa de Piedra y en el río Colorado aguas abajo de la descarga.

Tabla 34 - HAPs en sedimentos de fondo (ng/g, peso seco) en el embalse Casa de Piedra y en el río Colorado a la altura de Gobernador Duval

Hidrocarburo ($\mu\text{g/g}$)	Embalse Casa de Piedra		Río Colorado (Gobernador Duval)
	cola	toma	
Naftaleno	<LC	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	10	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC
Metil naftaleno	<LC	<LC	<LC
Dimetil naftaleno	<LC	90	<LC
Metil fenantreno	<LC	<LC	<LC
Dimetil fenantreno	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC
Criseno	10	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<LC	10	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	10	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]Perileno	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC
Total	20	110	<LC

LC: 10 ng/g (peso seco) a excepción de metilnaftalenos (20ng/g) y dimetilnaftalenos, metil y dimetil fenantrenos (30 ng/g).

Obtención de muestra de sedimentos en embalse Casa de Piedra utilizando draga tipo Eckman



III.5.3 Valores guía

La evaluación de los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en sedimentos de fondo fue llevada a cabo tomando como referencia los valores guía publicados en Canadian Sediment Quality for the Protection of Aquatic Life (CCME 2002). Dichos valores guía se muestran en la Tabla 35.

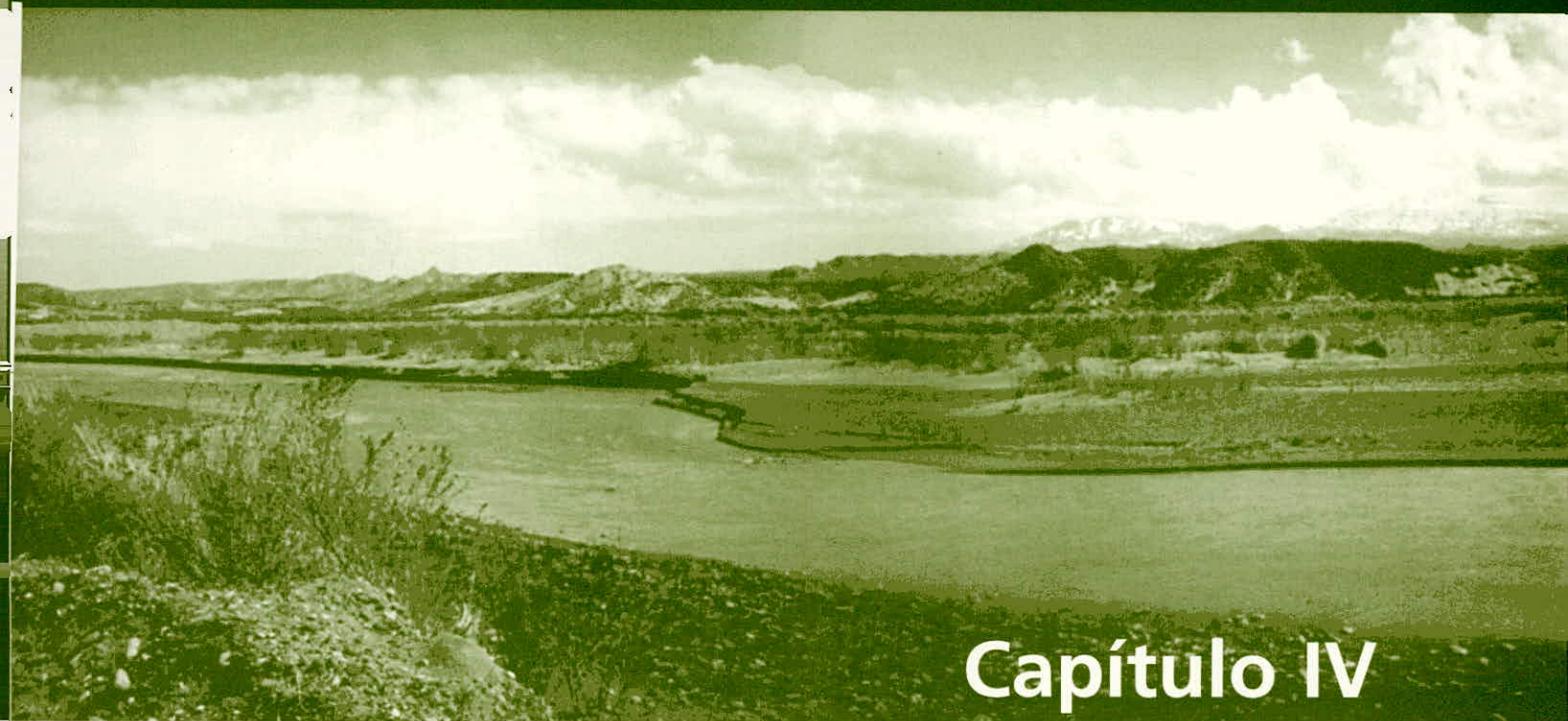
Tabla 35 . Valores guía para la calidad de los sedimentos de aguas dulces para la protección de la vida acuática (CCME 2002)

Hidrocarburo	Valor guía (ng/g, peso seco)
Acenafteno	6,71
Acenaftileno	5,87
Antraceno	46,9
Benzo[a]antraceno	31,7
Benzo[a]pireno	31,9
Criseno	57,1
Dibenzo[a,h]antraceno	6,22
Fenantreno	41,9
Fluoranteno	111
Fluoreno	21,2
2-Metilnaftaleno	20,2
Naftaleno	34,6
Pireno	53,0

III.5.4. Discusión

El análisis de HAPs en sedimentos de fondo de diferentes sitios del embalse Casa de Piedra, el cual podría actuar como sitio de acumulación de estos contaminantes, ha puesto de manifiesto la ausencia de este tipo de sustancias. Las escasas detecciones de algunos miembros del grupo han sido en concentraciones inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática. Por lo tanto, se puede concluir que, como ha sido observado en etapas anteriores del estudio, 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, indican también la ausencia de HAPs.



Capítulo IV

Investigación de sustancias tóxicas en
músculo de peces

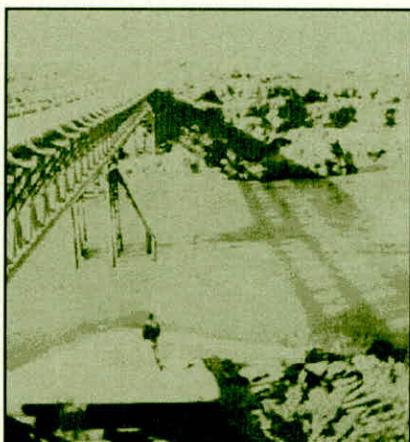
IV. Investigación de sustancias tóxicas en músculo de peces

IV.1. Sustancias investigadas

En el músculo dorsal de peces se investigó la presencia de metales y metaloides (14 elementos) y de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs).

IV.2. Estaciones de muestreo

Se efectuaron muestreos de peces en el río Colorado (Desfiladero Bayo) y en el embalse Casa de Piedra. 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 margenes. En la Tabla 36 se indican las estaciones de muestreo.



Vista del sitio de muestreos de peces en el río Colorado (Desfiladero Bayo)



Redes caladas en uno de los sitios de captura en el embalse Casa de Piedra.

Tabla 36 . Estaciones de muestreo de peces en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra

Sitio		Coordenadas
Río Colorado (Desfiladero Bayo)		S 37° 21' 56" O 69° 00' 55"
Cola embalse Casa de Piedra	Margen Derecha	S 38° 12' 44" O 67° 39' 10"
	Margen izquierda	S 38° 12' 14" O 67° 37' 29"

IV.3. Metodología de captura

(Sauval, R. H., Muestreo de Peces en Río Colorado – Desfiladero Bayo y Embalse Casa de Piedra, Período 2002, Septiembre 2002)

Se utilizaron dos métodos de pesca distintos: redes agalleras (Fukui Fishing Net Co. Ltd.) compuesta por seis o siete paños armados de distinto tamaño de malla, según la estación, y pesca eléctrica. Las redes fueron utilizadas tanto en el río Colorado como en el embalse Casa de Piedra, en tanto que la pesca eléctrica fue utilizada sólo en el río Colorado. La totalidad de las capturas fue realizada por medio de las redes, dado que la pesca eléctrica una vez más no dio resultado.

En el río (Desfiladero Bayo), de acuerdo a la experiencia recogida en los muestreos anteriores, se caló una batería de 6 paños en un brazo secundario del río, ubicado aguas arriba del puente sobre la margen izquierda. Debido a la velocidad de la corriente, las redes se calaron en forma paralela a la costa. También se realizó el calado de un paño desde el puente hacia aguas abajo pero sin resultados positivos.

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

Para la pesca eléctrica se utilizó un aparato Smith-Root 15-D equipado con un generador Honda EX350. El muestreo se efectuó por aplicaciones de pulsos sucesivos por unidad de tiempo en sitios "abiertos". 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 Desfiladero Bayo donde sólo se obtuvieron capturas de perquitas espinudas juveniles. Las mismas fueron devueltas inmediatamente a su hábitat pues no eran de utilidad para los análisis requeridos.

Tabla 37. Esfuerzo de pesca realizado en cada estación de muestreo.

Sitio	Redes	Pesca eléctrica
Río Colorado	19/09/2002 (7 h)	20/09/2002 (1 h)
	20/09/2002 (24 h)	
	21/09/2002 (10 h)	
Embalse Casa de Piedra (cola)	17/09/2002 (7 h)	No utilizada
	18/09/2002 (20 h)	
	19/09/2002 (10 h)	

A pesar del esfuerzo de pesca realizado (Tabla 37), no pudo obtenerse un número significativo de ejemplares, a excepción de pejerrey bonaerense. Se capturó un total de 97 peces, seis en el río Colorado (perquitas espinudas) y 91 en la cola del embalse Casa de Piedra (83 pejerreyes, 7 carpas y 1 perca bocona). En la Tabla 38 figuran las especies de peces capturadas.

Tabla 38 . Especies de peces capturadas

Nombre común	Nombre científico
Pejerrey bonaerens	<i>Odontesthes bonariensis</i>
Perca bocona	<i>Percichthys colhuapiensis</i>
Perquita espinuda	<i>Percichthys altispinnis</i>
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>

Una vez capturados los peces, fue registrada su talla (largo total, precisión 1mm) y pesados (peso fresco total, precisión 2g). Inmediatamente después se llevó a cabo la disección de cada ejemplar extrayendo dos porciones de los paquetes musculares dorsales por medio de cuchillos de material plástico.

Los lotes de peces a los que se les extrajo músculo para los diferentes análisis variaron en el número de ejemplares. Cuando se obtuvieron menos de 20 individuos de la especie, se diseccionaron la totalidad de los mismos. En los casos en que se pescaron más de 20 piezas de la especie, se realizó un submuestreo para proceder a la extracción de las masas musculares (Tabla 41).

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

Las muestras fueron mantenidas en campo en conservadoras con hielo seco (-22°C) y congeladas en freezer y enviadas en ese estado a los laboratorios.



Tareas previas



Electro Pesca

Tabla 39. Tallas y pesos de las especies capturadas cuyo músculo dorsal fue muestreado para el análisis de metales/metaloideos 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	-		22	
	media	-	-	337,95	401,7
	s	-	-	55,14	187,5
	máximo	-	-	416	734
	mínimo	-	-	220	62
Perca bocona	n	-		1	
	media	-	-	-	-
	s	-	-	-	-
	máximo	-	-	272	436
	mínimo	-	-	272	436
Perquita espinuda	n	6		-	
	media	197,2	83,7	-	-
	s	36,8	51,6	-	-
	máximo	253	170	-	-
	mínimo	155	38	-	-
Carpa	n	-		7	
	media	-	-	356,9	682
	s	-	-	71,3	299,6
	máximo	-	-	436	1158
	mínimo	-	-	207	140

n: número de ejemplares por especie; s: desvío estándar - Tomado de Sauval, R.H., 2002, Muestreo de peces en el Río Colorado (Desfiladero Bayo) – Embalse Casa de Piedra – Período 2002, Septiembre de 2002 – Informe de Campaña

IV.4. Análisis de metales y metaloides

IV.4.1. Metodologías analíticas

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

Para el análisis de metales y metaloides las muestras fueron sometidas previamente a digestión multiácida (Método EPA 200.3). Mediante espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros fueron determinados los contenidos de arsénico (Método EPA 7061 A), selenio (Método EPA 7741 A) y antimonio (Método EPA 7062); cadmio fue determinado por espectrometría de absorción atómica por atomización electrotérmica (Método EPA 7131 A) y mercurio mediante espectrometría de absorción atómica por vapor frío (Método EPA 7471 A). Cinc, cobre, cromo, plomo, bario, plata, hierro, molibdeno y níquel fueron analizados por espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo (ICP) (Método EPA 6010 B).

IV.4.2. Calidad analítica

Con el objeto de verificar la calidad analítica en las determinaciones de metales y metaloides en músculo de peces, junto con el lote de muestras fue analizado un material de referencia certificado (DORM-2 – National Research Council Canada, NRC). La Tabla 40 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 40. Análisis del Material de Referencia Certificado DORM-2 National Research Council Canada (NRC)

Elemento	Valores de referencia certificados ($\mu\text{g/g}$)(*)	Concentración hallada ($\mu\text{g/g}$)	% Error
Arsénico	$18,0 \pm 1,1$	17	(-) 5,6
Cadmio	$0,043 \pm 0,008$	<0,1	-
Cinc	$25,6 \pm 2,3$	24,9	(-) 2,73
Cobre	$2,34 \pm 0,16$	2,3	(-) 1,71
Cromo	$34,7 \pm 5,5$	33,9	(-) 2,31
Hierro	142 ± 10	138	(-) 2,82
Mercurio	$4,64 \pm 0,26$	4,41	(-) 4,96
Níquel	$19,4 \pm 3,1$	18,8	(-) 3,09
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

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

IV.4.3. Resultados

En las tablas 41 y 42 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.

Tabla 41. Contenidos de metales y metaloides en músculo de peces Estación río Colorado (Desfiladero Bayo)

Elemento ($\mu\text{g/g}$)	Perquita espinuda(n=6)
Antimonio	<0,2
Arsénico	0,3
Bario	0,9
Cadmio	<0,1
Cinc	12,4
Cobre	2,1
Cromo	4,0
Hierro	6,3
Mercurio	<0,05
Molibdeno	<0,2
Níquel	1,8
Plata	<0,3
Plomo	<0,15
Selenio	<0,4

Tabla 42. Contenidos de metales y metaloides en músculo de peces - Estación embalse Casa de Piedra (cola)

Elemento ($\mu\text{g/g}$)	Cola del embalse		
	Pejerrey (n=22)	Carpa(n=7)	Perca bocona(n=1)
Antimonio	<0,2	<0,2	<0,2
Arsénico	<0,2	<0,2	<0,2
Bario	0,7	0,5	0,7
Cadmio	<0,1	<0,1	<0,1
Cinc	12,0	12,7	2,6
Cobre	2,1	1,8	1,7
Cromo	<0,2	0,7	<0,2
Hierro	18	48	4,0
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<0,2	<0,2	<0,2
Níquel	2,0	1,9	1,9
Plata	<0,3	<0,3	<0,3
Plomo	<0,15	<0,15	<0,15
Selenio	0,7	1,0	<0,4

IV.4.4 Discusión

En este muestreo las capturas fueron reducidas y sólo se alcanzó el número recomendado de ejemplares (Ministry of Environment and Energy 2000) para pejerrey en el embalse Casa de Piedra (cola del embalse).

Teniendo presentes las limitaciones que imponen estas restricciones, se puede mencionar que los niveles de metales y metaloides hallados en músculo dorsal de peces fueron bajos, tanto en el río Colorado (Desfiladero Bayo) como en el embalse Casa de Piedra y muy inferiores a los límites establecidos para el consumo de productos de la pesca (SENASA 1994).

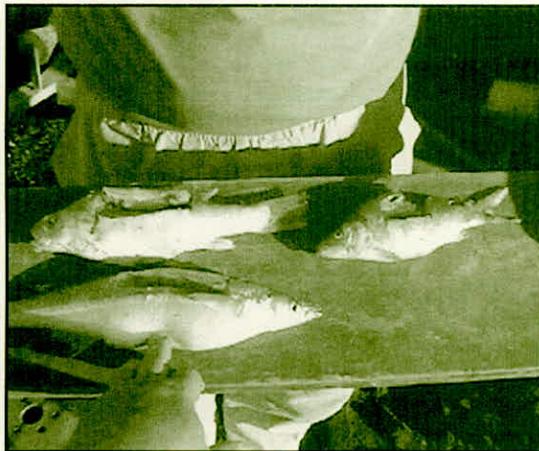
Atento a las recomendaciones del ciclo anterior, se puso énfasis en la evaluación en forma específica de la presencia de mercurio y selenio en músculo de peces. A este respecto, cabe señalar que los presentes resultados indican la ausencia de mercurio en todas las especies analizadas y bajos niveles de selenio en todos los casos, los cuales no indican la necesidad de recomendar restricciones al consumo (EPA 1999).

IV.5. Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

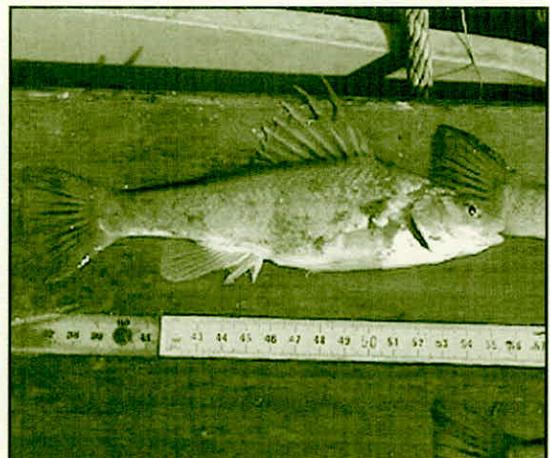
IV.5.1. Metodología analítica

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. Las muestras fueron homogeneizadas, tomándose de cada una porciones representativas de todos los ejemplares. 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 μ L en el cromatógrafo para cada ensayo (2 distintos para cada muestra: cualitativo de identificación y cuantitativo para aromáticos polinucleares).



Muestreo de Peces



Perquita Espinuda

IV.5.2. Calidad analítica

Con el fin de determinar la calidad analítica fue analizada una muestra de músculo dorsal de pejerrey adicionada con un estándar de HAPs que contenía 20 µg/mL de 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 24,76 g de la muestra se le adicionó un volumen de solución estándar que contenía 0,8 µg de cada HAP. En la Tabla 43 se muestran los porcentajes de recuperación obtenidos en el ensayo.

Tabla 43. Porcentajes de recuperación de HAPs en una muestra de músculo de pejerrey adicionada con un estándar para dar una concentración de 32,3 ng/g (peso húmedo)

Hidrocarburo	Muestra adicionada(ng/g)	Muestra sin adición(ng/g)	% Recuperación
Naftaleno	269,0	241	86,7
Acenafteno	30,2	<LC	93,5
Acenaftileno	26,6	<LC	82,4
Fluoreno	37,7	7,9	92,3
Fenantreno	46,9	26,6	62,8
Antraceno	23,0	<LC	71,2
Fluoranteno	28,7	3,2	78,9
Pireno	27,3	1,9	78,3
Benzo[a]antraceno	35,7	<LC	110,5
Criseno	20,8	<LC	64,4
Benzo[b+k]fluoranteno	19,4	<LC	60,1
Benzo[a]pireno	17,6	<LC	54,5
Dibenzo[a,h]antraceno	19,1	<LC	59,1
Benzo[ghi]perileno	16,8	<LC	52,0
Indeno[1,2,3-cd]pireno	18,9	<LC	58,5

(*) Los isómeros b y k salen muy cerca y sus espectros son idénticos. Límite de detección: 2 ng/g. Para el cálculo de los porcentajes de recuperación los valores inferiores al límite de cuantificación (LC) fueron considerados igual a cero.

IV.5.3. Resultados

En la Tabla 44 figuran los resultados del análisis de HAPs en músculo dorsal de las diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (Desfiladero Bayo) y en el embalse Casa de Piedra.

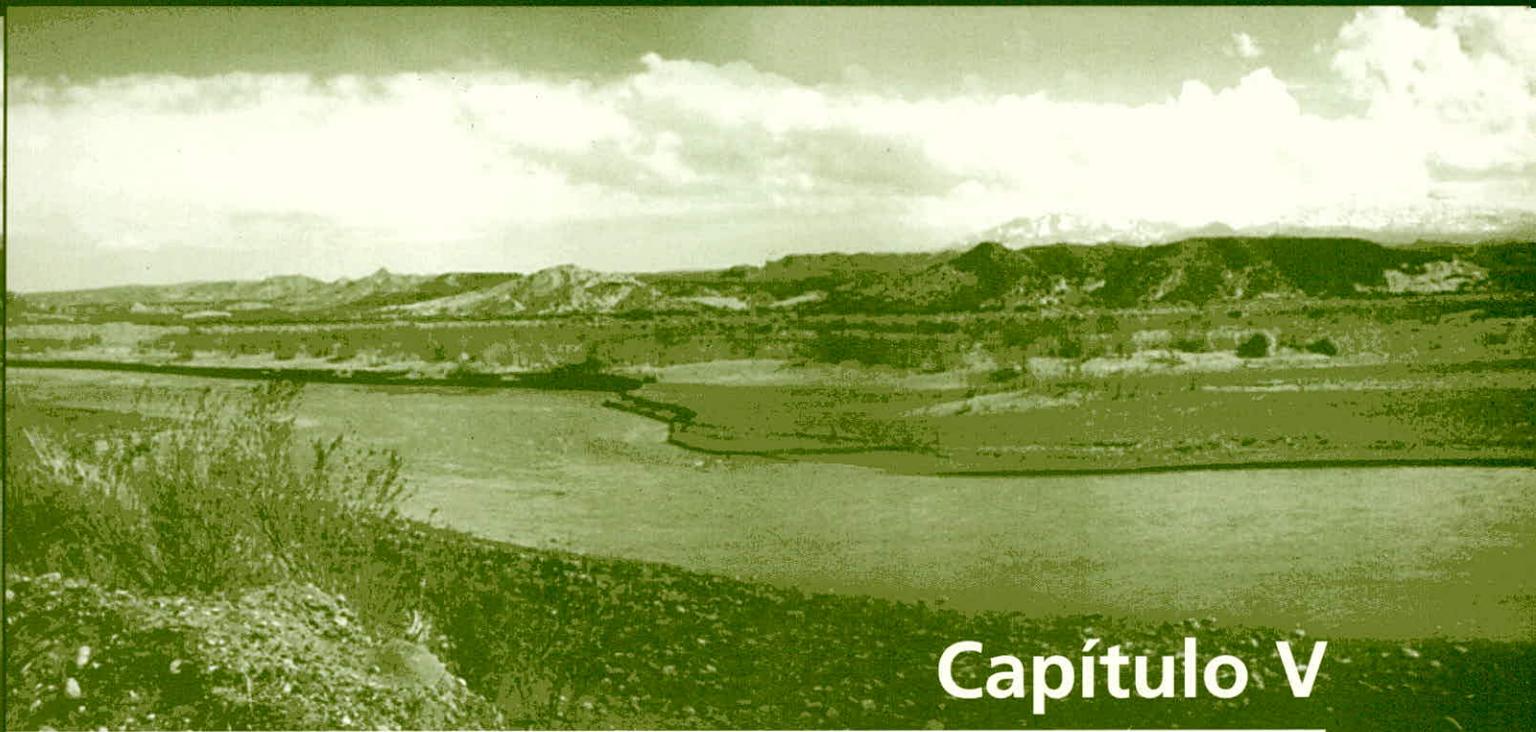
Tabla 44. Contenido de HAPs ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) en músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (Desfiladero Bayo) y en el embalse Casa de Piedra (cola)

Hidrocarburo	Desfiladero Bayo		Embalse Casa de Piedra (cola)	
	Perquita espinuda (n=6)	Pejerrey(n=22) (n=22)	Carpa (n=22)	Perca bocona (n=1)
Naftaleno	0,181	0,241	0,044	0,099
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	0,027	<LC	<LC
Antraceno	0,022	<LC	<LC	0,011
Metil Naftaleno	0,023	0,030	<LC	0,010
Dimetil Naftaleno	0,020	0,027	<LC	<LC
Metil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC
DiBenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC
Total	0,246	0,325	0,044	0,120

Límite de cuantificación (LC): 0,010 $\mu\text{g/g}$ a excepción de metilnaftalenos (0,020 $\mu\text{g/g}$), metilfenantrenos y dimetilfenantrenos (0,040 $\mu\text{g/g}$)

IV.5.4. Discusión

Hubo escasa detección de HAPs en la totalidad de las muestras de músculo dorsal de peces capturados, en concentraciones que superaron ligeramente el límite de cuantificación del método, que para la mayoría de los compuestos fue de 0,010 $\mu\text{g/g}$. Los miembros del grupo detectados fueron naftaleno, antraceno, fenantreno, metil y dimetilnaftaleno, en niveles que no llevan asociado un riesgo para la salud. Por lo tanto, no corresponde recomendar límites para el consumo de pescado basados en el riesgo (EPA, 1999).



Capítulo V

Ensayo de ecotoxicidad crónica con agua

V. Ensayos de ecotoxicidad crónica con agua

Los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua llevados a cabo en el presente ciclo tuvieron por objeto complementar las observaciones realizadas a través de los análisis químicos de metales/metaloideos y HAPs.

Los mencionados ensayos fueron llevados a cabo en el laboratorio de Ecotoxicología de la Universidad Nacional de Luján.

V.1. Metodología de muestreo

Para la realización de los ensayos ecotoxicológicos se extrajeron, en cada uno de los sitios seleccionados, muestras de agua de 20 L de agua, 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 y tomando los recaudos necesarios para su arribo al laboratorio dentro de las 48 h.

V.2. Estaciones de muestreo y frecuencia

Las muestras de columna líquida fueron extraídas en una oportunidad en los sitios que figuran en la Tabla 45.

Tabla 45. 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"
CL 7	La Adela (Puente viejo)	S 38° 59' 14" - O 64° 05' 32"

V.3. Metodología de los ensayos

(Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján)

La evaluación de la ecotoxicidad crónica del agua se llevó a cabo utilizando como organismo de ensayo *Daphnia magna*, registrándose como variables la sobrevivencia y la reproducción de la población de este microcrustáceo del zooplancton dulceacuícola, al cabo de 21 días de exposición.

Los ensayos de ecotoxicidad crónica preliminares y definitivos se realizaron de acuerdo a los lineamientos del protocolo recomendado por ASTM (American Society for Testing and Materials, 1987, Standard guide for conducting renewal life-cycle toxicity tests with *Daphnia magna*, Designation: E 1193-87. ASTM Committee E-47 on Biological Environmental Fate and Subcommittee E 47.01 on Aquatic Toxicology. ASTM, Philadelphia, PA)

Para la interpretación de los resultados de los ensayos se planteó 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 obtenidos se llevó a cabo mediante el test de Shapiro-Wilk para normalidad de los datos; test de Barlett para homogeneidad de varianzas; test "exacto" de Fisher; ANOVA de una vía y test de Dunnett con modificación de Bonferroni y el Método de Comparaciones Múltiples de Tukey para la comprobación de la hipótesis nula.

V.4. Resultados

a. Supervivencia

En la Tabla 46 se muestran los resultados de supervivencia obtenidos con las muestras de agua extraídas en la campaña de muestreo realizada en el mes de agosto de 2002. 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).

En el presente caso, en todas los sitios, los valores del parámetro b fueron mayores que el valor crítico de F, por lo tanto las diferencias observadas entre los grupos expuestos y los de control resultaron no significativas. Es decir, no existieron efectos tóxicos crónicos significativos sobre la supervivencia de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días en las condiciones de los ensayos a las muestras extraídas en las estaciones CL 3, CL4 y CL 7 en el río Colorado en las campañas realizadas en agosto de 2002.

Tabla 46. Porcentaje de supervivencia de *Daphnia magna* obtenidos en los ensayos con muestras de agua extraídas en diferentes sitios del río Colorado en el mes de agosto de 2002

Muestra	Número de individuos vivos (21 días)	Número de individuos muertos (21 días)	Supervivencia (%)	F ¹ (a = 0,05)	b ²
Control ³	37	3	92,50		
Desfiladero Bayo	35	5	87,50 *	30,0	35
Punto Unido	31	9	77,50 *	30,0	31
La Adela	36	4	90,00 *	30,0	36

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

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

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

* No significativamente diferente de los controles (Test exacto de Fisher, a = 0,05).

b. Tasa neta de reproducción

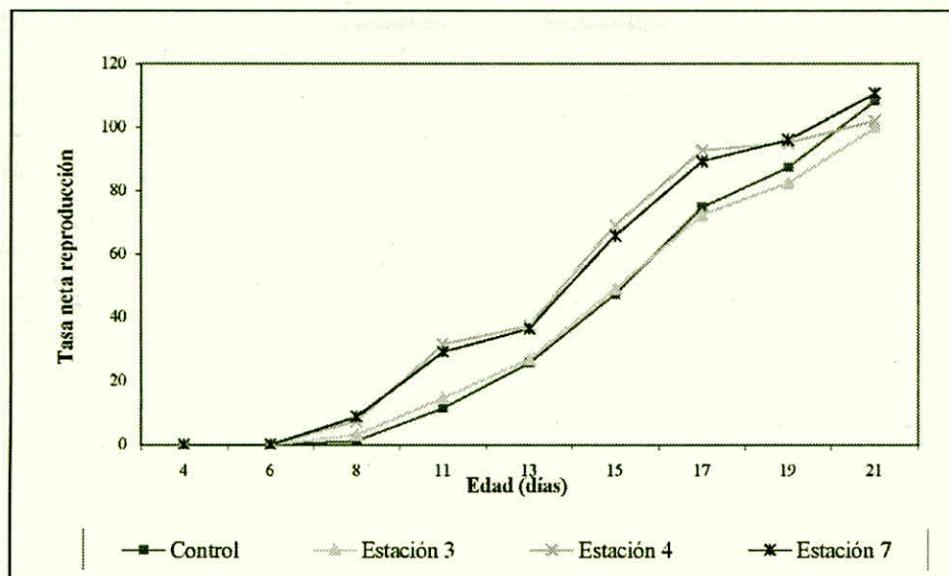
Los resultados obtenidos para cada una de las muestras analizadas respecto de los efectos tóxicos crónicos sobre la reproducción, expresada como Tasa Neta de Reproducción, de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días se resumen en la Tabla 47. Se indican los valores medios y la desviación estándar de la Tasa Neta de Reproducción calculada, al cabo de 21 días de exposición, a una concentración del 100% de cada una de las muestras y control, considerando dos ensayos con cuatro réplicas por tratamiento, en cada caso.

Tabla 47. Tasa neta de reproducción calculada en poblaciones de *Daphnia magna* sometidas a exposición crónica durante 21 días a una concentración del 100 % de cada una de las muestras extraídas en las estaciones de muestreo en el río Colorado

Fecha	Muestra	Tasa Neta de Reproducción (número promedio de progenie hembra/hembra)
	Control ¹	108,27 (± 6,57) ²
12-08-02	Desfiladero Bayo (CL 3)	99,87 (± 14,80)
12-08-02	Punto Unido (CL 4)	102,13 (± 23,22)
14-08-02	La Adela (CL 7)	110,67 (± 8,98)

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

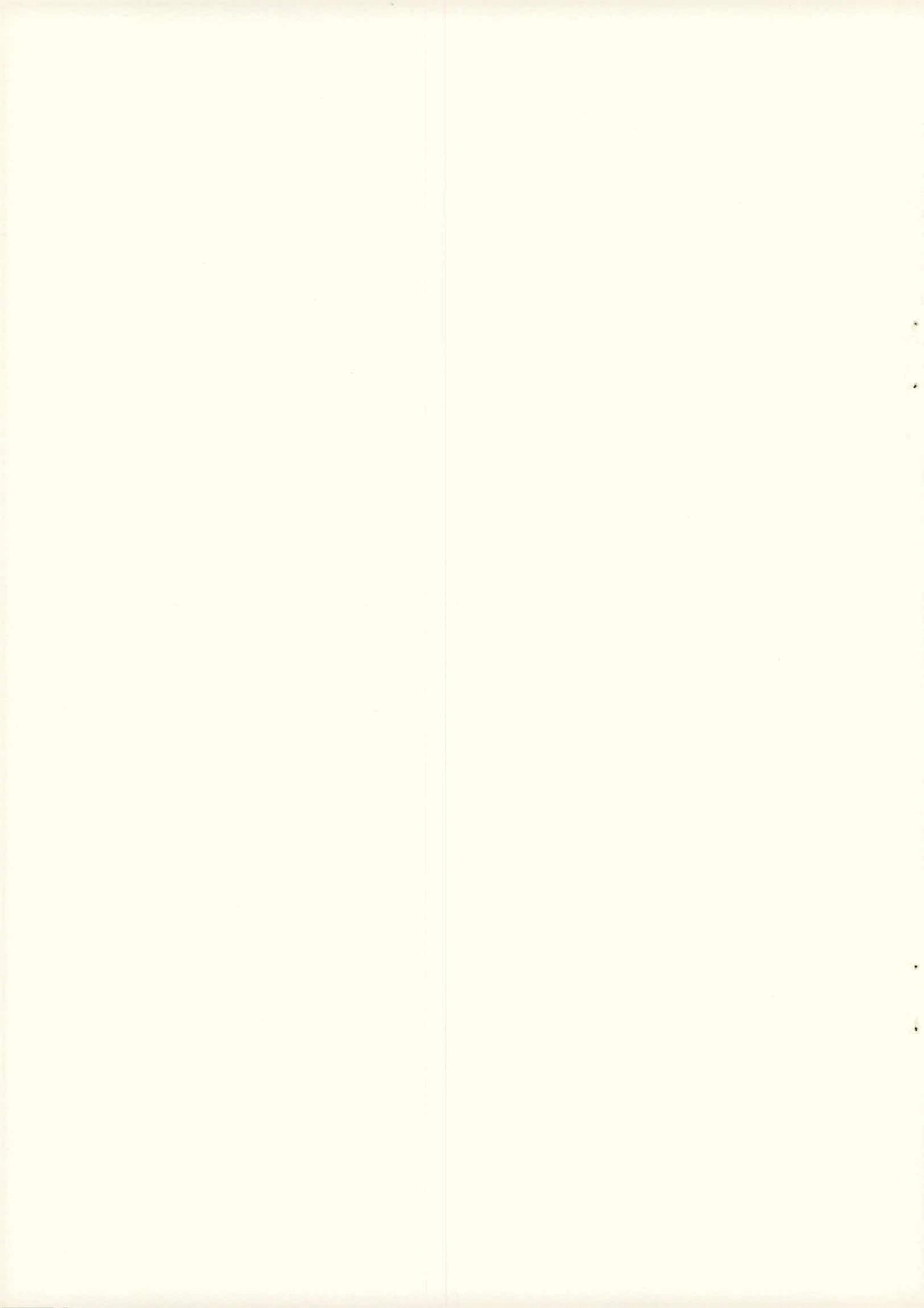


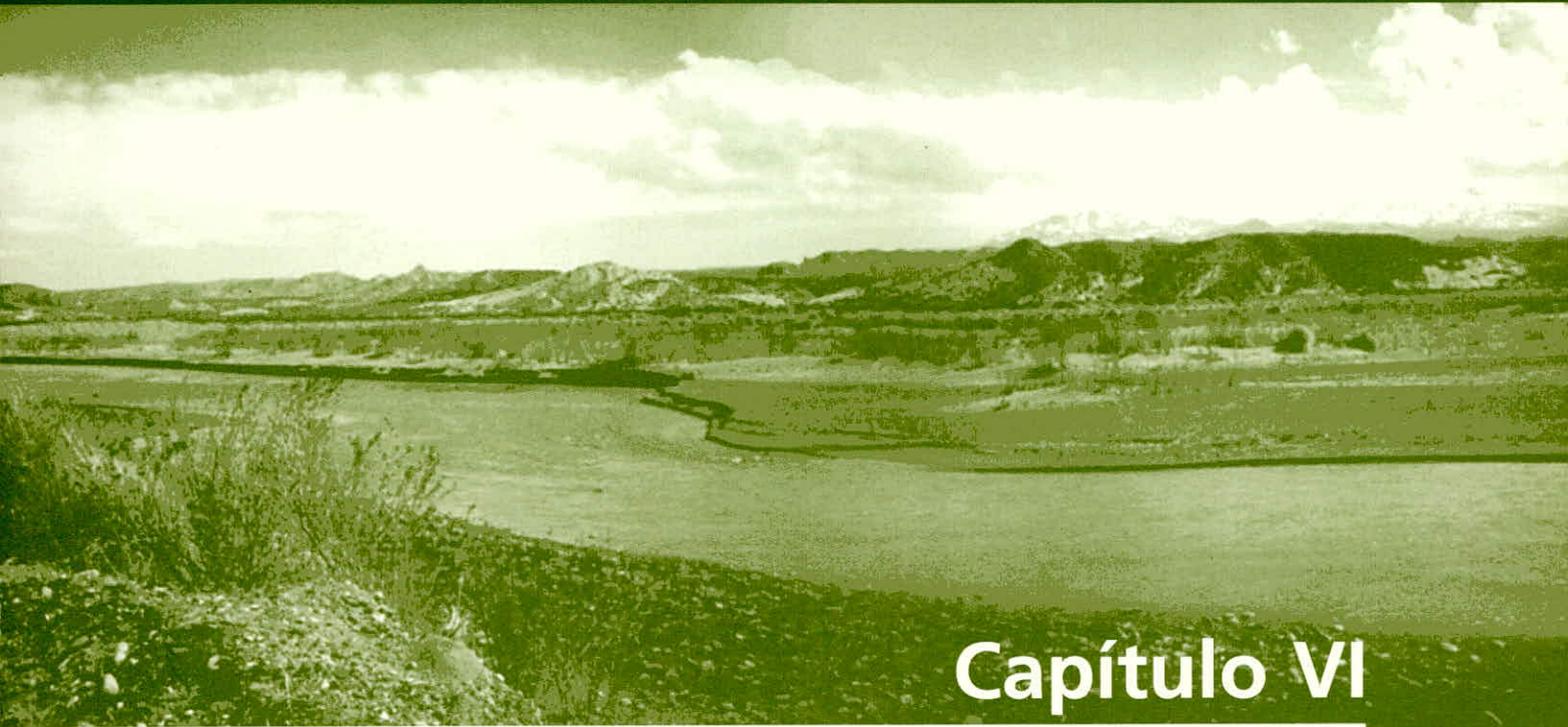
Tasa Neta de Reproducción calculada para la población de *Daphnia magna* expuesta a las muestras de las estaciones CL 3, CL 4 y CL 7, extraídas en agosto de 2002, y controles, a lo largo de los 21 días de exposición (tomado de Alberdi, J.L., Tortorell, M.C., Saenz, M.E., Di Marzio, W., 2002, Evaluación ecotoxicológica crónica de la columna líquida del cauce del río Colorado, Argentina, Informe de Resultados, Programa de Investigación en Ecotoxicología, Universidad Nacional de Luján).

La significación de las diferencias observadas en la Tasa Neta de Reproducción de los grupos expuestos con respecto a los controles (Tabla 47), fue analizada estadísticamente, sobre la base de la existencia de normalidad (test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (test de Barlett), mediante la aplicación del análisis de la varianza (ANOVA) de una vía, el test de Dunnett, el test de t, con modificación de Bonferroni y el Método de Comparaciones Múltiples de Tukey. Dicho análisis mostró que en la campaña del mes de agosto de 2002 las diferencias observadas en la Tasa Neta de Reproducción entre el grupo de tratamiento y el control no fueron significativas al nivel de significación de 0,05 en las estaciones CL 3, CL 4 y CL 7. Es decir, que no existieron efectos tóxicos crónicos significativos ejercidos por el agua sobre la Tasa Neta de Reproducción de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días a las muestras extraídas en las citadas estaciones.

V.5. Discusión

En los ensayos correspondientes a la campaña del mes de agosto de 2002, no se registraron efectos tóxicos crónicos, en relación a los controles, sobre la sobrevivencia y la reproducción de las poblaciones de *Daphnia magna*, expuestas a las muestras de agua del río Colorado obtenidas en las estaciones CL 3 (Desfiladero Bayo), CL 4 (Punto Unido) y CL 7 (La Adela).





Capítulo VI

Conclusiones

VI. Conclusiones

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

1. Agua potable

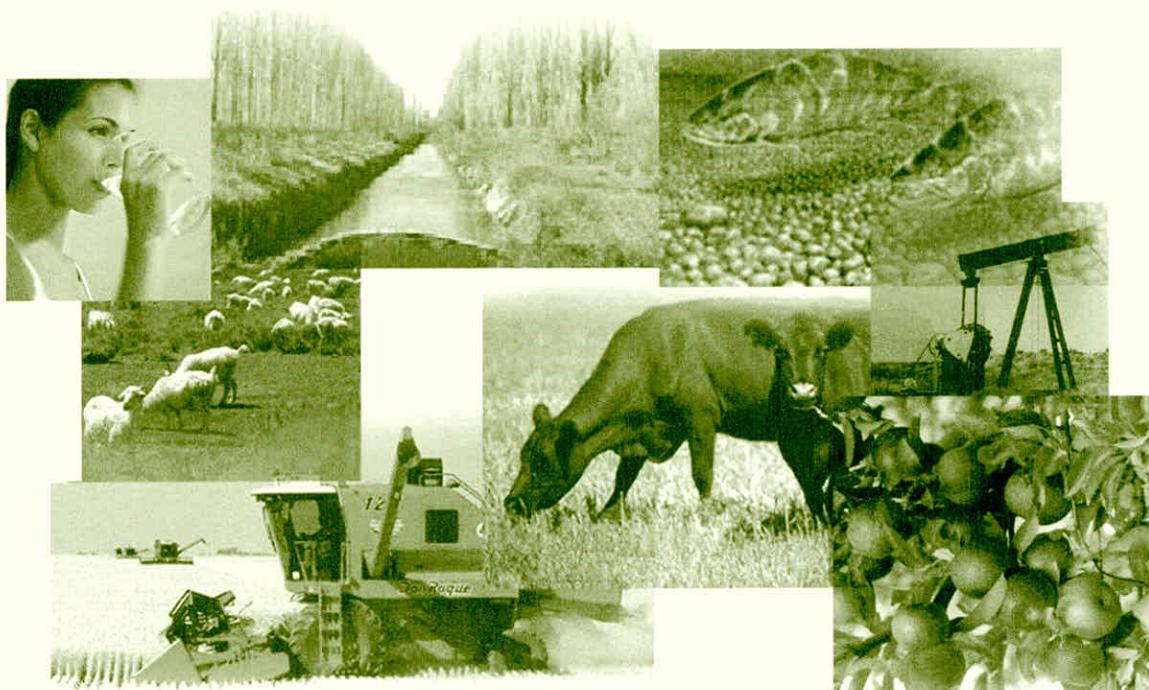
- El monitoreo de la presencia de sustancias tóxicas en agua puso de manifiesto nuevamente que el recurso mantiene su aptitud para uso como fuente de agua potable en toda su extensión.

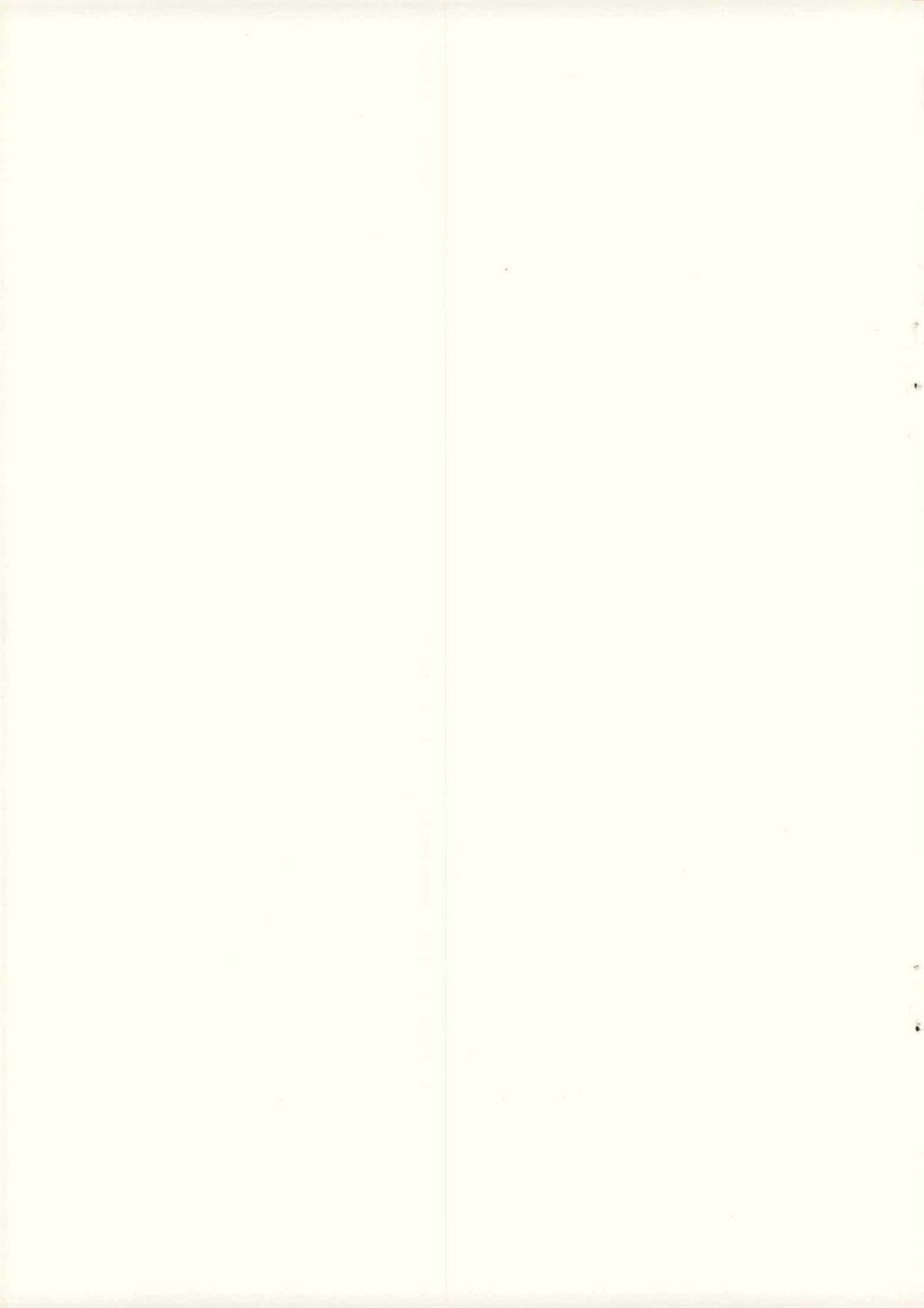
2. Protección de la vida acuática

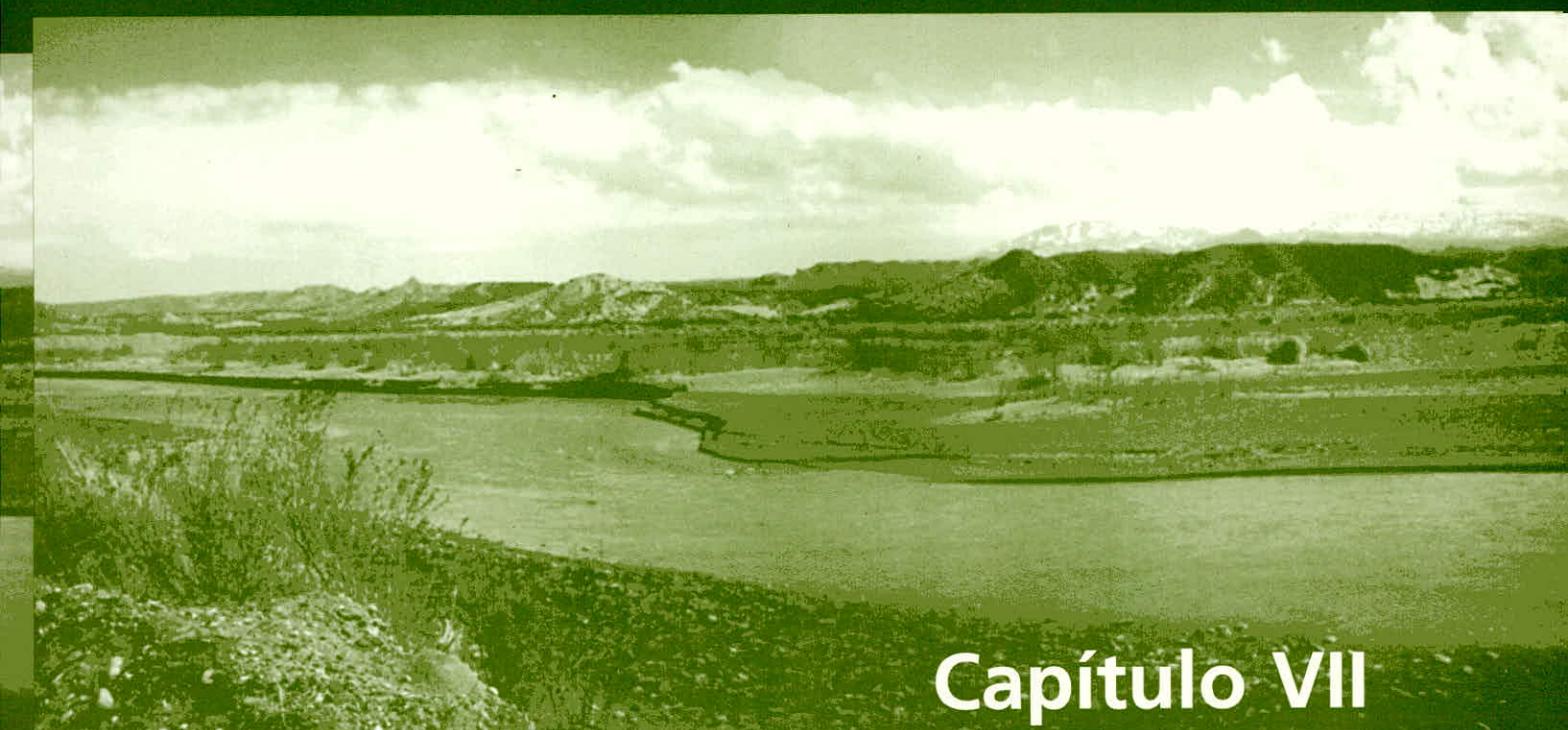
- El monitoreo de sustancias tóxicas en agua, llevado a cabo mediante análisis químicos y confirmado mediante ensayos ecotoxicológicos, dio como resultado que el recurso mantiene su aptitud para la protección de la vida acuática en toda su extensión.
- Los ensayos ecotoxicológicos llevados a cabo con muestras de agua obtenidas en diferentes sitios en el río Colorado mostraron la ausencia de efectos tóxicos crónicos significativos sobre las poblaciones del organismo de ensayo, tanto en la reproducción como en la supervivencia.
- El análisis de metales/metaloideos de sedimentos de fondo en el embalse Casa de Piedra mostraron concentraciones más altas de ciertos metales y metaloides que las observadas en el muestreo anterior. Esto podría estar relacionado con los caudales excepcionales registrados en la cuenca, que habrían incrementado el transporte de material particulado. Los niveles de metales/metaloideos en los sedimentos de fondo muestreados aguas abajo de la descarga del embalse mostraron niveles comparables a los observados en el embalse en el muestreo anterior.

3. Peces

- A pesar de que en el presente ciclo las capturas de peces fueron escasas y para algunas especies no se logró el número de ejemplares recomendado, los resultados de los análisis de metales y metaloides en el músculo dorsal pusieron de manifiesto que no existe la necesidad de recomendar restricciones al consumo, de acuerdo a las normas tomadas como referencia (SENASA 1994, EPA 1999).
- En relación con la presencia de hidrocarburos aromáticos polinucleares en músculo de peces, no existe un riesgo para la salud humana, por lo cual no es necesario recomendar restricciones al consumo.

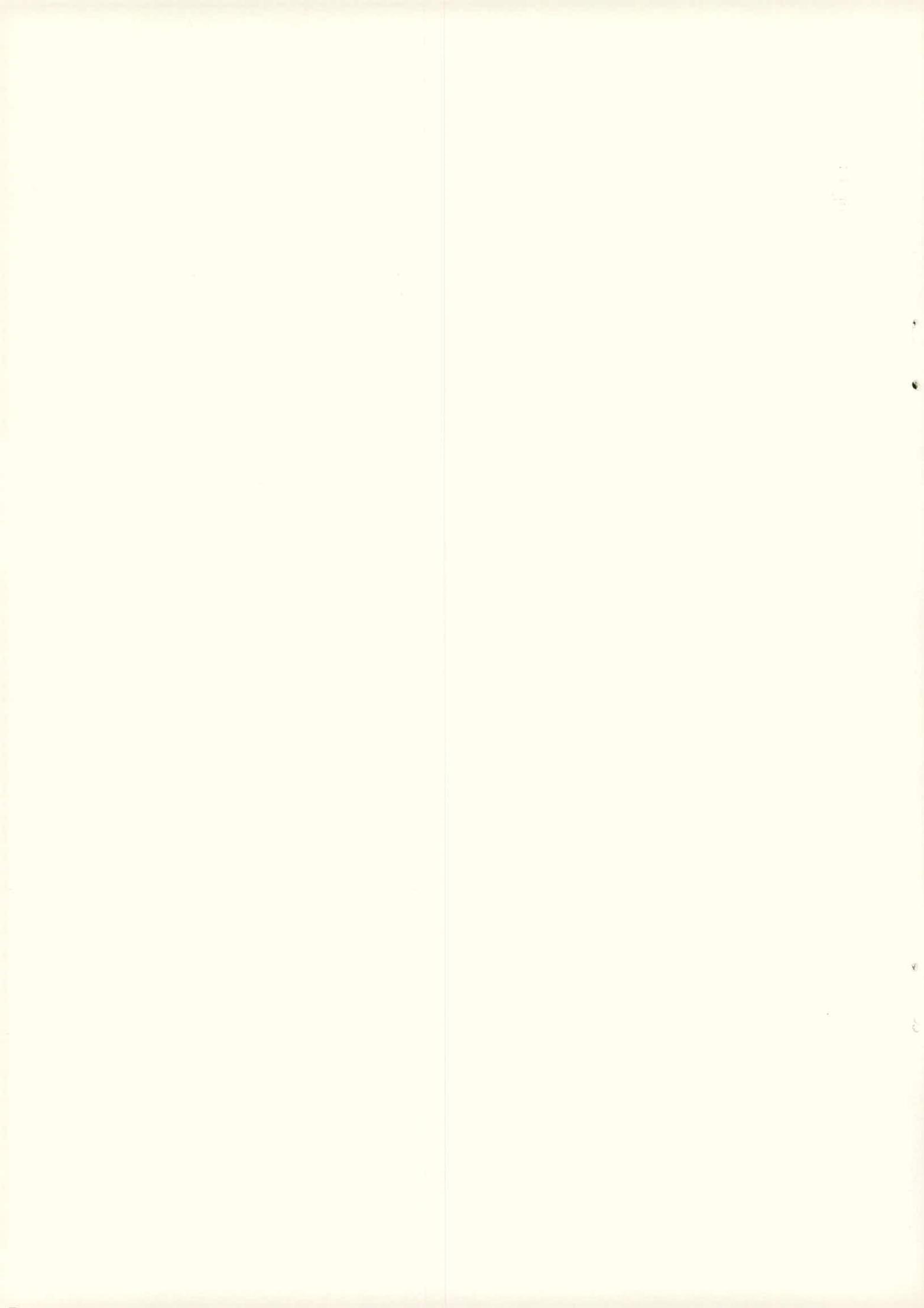






Capítulo VII

Recomendaciones

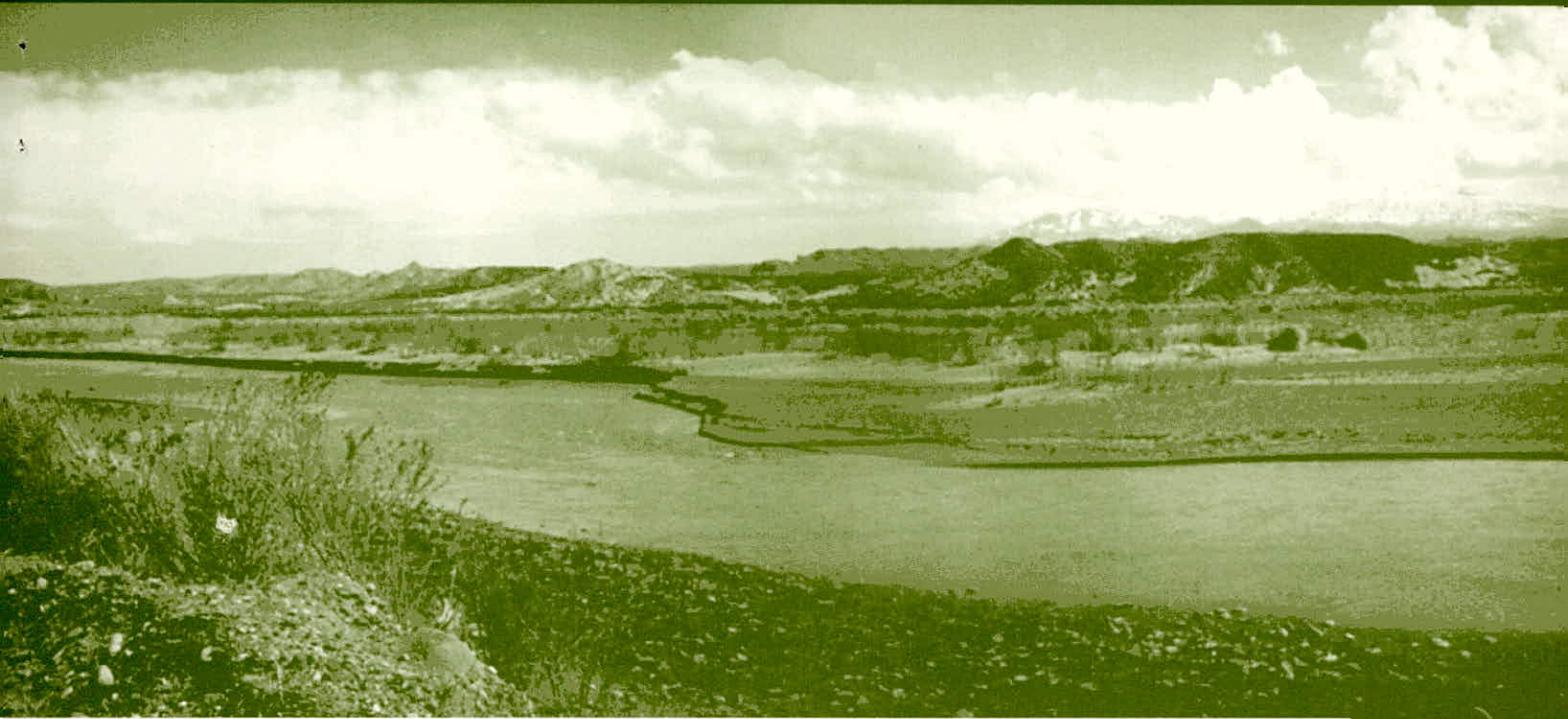


VII. Recomendaciones

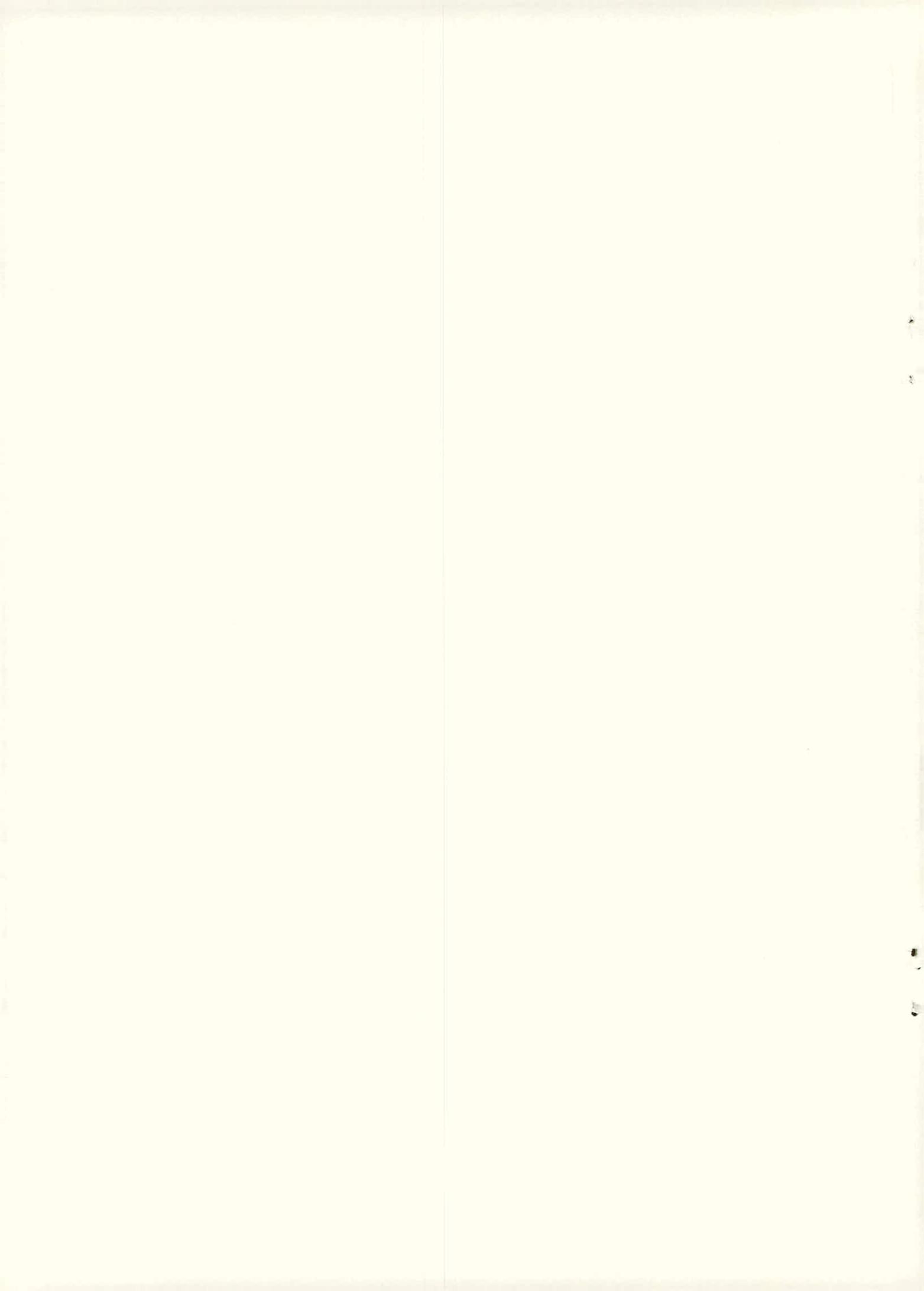
- Continuar con el monitoreo de metales/metaloides e hidrocarburos en columna líquida con el fin de obtener una evaluación permanente de la calidad del agua en la cuenca.
- Mantener el programa de monitoreo de sustancias tóxicas en el músculo de peces a fin de evaluar la variación en el tiempo de las concentraciones de metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares.
- Llevar a cabo un muestreo de sedimentos de fondo en las 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 los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua del río Colorado en sitios ubicados aguas arriba del embalse Casa de Piedra.

**Estas recomendaciones fueron tenidas en
cuenta por el Comité Interjurisdiccional del
Río Colorado para la continuación del estudio
que se encuentra en pleno estado de ejecución**

2003



Referencias



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., 2001, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía y Minería de la Nación, Grupo Interempresario.*

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.*

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 Hidrográficas Patagónicas – Río Gallegos, Noviembre 2000.*

Perl, J.E., 2002, *Manejo Integral de la Cuenca del río Colorado – Calidad de las Aguas, VI Seminario Internacional de Cuencas – Ushuaia, Noviembre 2002.*

SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Animal), 1994, *Normas sanitarias para los productos de la pesca, Suplemento edición N° 76 de la revista REDES de la Industria Pesquera Argentina.*

US EPA, (United States Environmental Protection Agency), 1999, *Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories – Volume 2: Risk Assessment and fish consumption limits, 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.*

Referencia Fotográfica:

Foto de Tapa: Río Colorado, Pedro Luro, Pcia. Bs. As., Argentina

Diseño: Ravens Sociedad de Publicidad
Impreso en Bahía Blanca
Agosto de 2003

COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO (COIRCO)

Sede operativa: Belgrano 366 • Bahía Blanca (B8000IJH) Pcia. Bs.As. • Argentina

TelFax (0291) 455-1054/3054

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