

PROGRAMA DE RELEVAMIENTO Y MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS DEL SISTEMA RÍO COLORADO, EMBALSE CASA DE PIEDRA



COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO
SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN
GRUPO INTEREMPRESARIO

COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO COIRCO

Comité Ejecutivo

Presidente

REPRESENTANTE DE LA NACIÓN Ing^o Adalberto S. Cornejo

Representantes Provinciales

BUENOS AIRES	Ing ^o Horacio P. Boland
LA PAMPA	Ing ^o Jaime L. Sterin
MENDOZA	Ing ^o Néstor E. Arias
NEUQUÉN	Ing ^o Roberto V. Deza
RÍO NEGRO	Ing ^o Horacio R. Collado

Gerente Técnico Ing^o Juan E. Perl

SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN

Secretario de Energía:	Dr. César Mac Karthy
Subsecretario de Combustibles:	Ing ^o Alberto Fiandesio

COMISIÓN TÉCNICA FISCALIZADORA COIRCO – SECRETARÍA DE ENERGÍA CTF

Junta de Dirección: ejercida por el Subsecretario de Combustibles de la Nación y el Presidente del Comité Ejecutivo del COIRCO .

Unidad Ejecutora: ejercida por dos técnicos de cada una de las partes.
Por la Subsecretaría de Combustibles Ings. Leopoldo Benegas y Héctor Caballero (hoy Mariana Quaglia), y por el COIRCO los Ings. Juan Enrique Perl y Fernando Andrés

GRUPO INTEREMPRESARIO

REPSOL YPF S.A.
ASTRA C.A.P.S.A. UNA EMPRESA REPSOL
PÉREZ COMPANC S.A.
UNION PACIFIC RESOURCES ARGENTINA S.A.

PREFACIO

El Comité Interjurisdiccional del Río Colorado fue creado con el objeto de asegurar la ejecución del Programa Unico de Habilitación de Areas de Riego y Distribución de Caudales del Río Colorado y su adecuación al grado de conocimiento de la Cuenca y su comportamiento.

Desde su inicio, en el año 1976, se fijó como prioridad el estudio de variables hidrológicas y fisicoquímicas en el río que pudieran garantizar en cantidad y calidad, los usos para los cuales estaba asignado.

El desarrollo de la explotación petrolera en la Cuenca (la más importante del país), generó en el COIRCO y en todas las jurisdicciones que lo integran, la necesidad de detectar y estudiar las alteraciones que pudieran producirse como consecuencia de esta actividad, así como las generadas por efluentes cloacales de centros urbanos y retornos de drenajes de las áreas bajo riego.

A partir del año 1988 las provincias condóminas delegaron en el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO), tareas referidas al control y detección de las condiciones de impacto ambiental en la cuenca. Estas acciones, se orientaron principalmente a determinar los efectos de la actividad hidrocarburífera en el área de influencia.

Dentro del programa llevado adelante por COIRCO, debe mencionarse el monitoreo sistemático, en puntos singulares del río y de las descargas al mismo, para detección de efectos contaminantes, que se inició en el mes de junio de 1989, a través de un convenio con el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Nacional del Sur, con el financiamiento y coordinación del COIRCO. Con el mismo objetivo y esquema operativo, se están desarrollando determinaciones similares en el Embalse Casa de Piedra desde el año 1992.

En el período comprendido entre Agosto de 1993 y Octubre de 1997, atento el acuerdo establecido con las empresas petroleras en la reunión de Puesto Hernández, el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional del Comahue tomó a su cargo las tareas de muestreo y análisis en el río y descargas. Asimismo, las empresas asumieron compromisos para la realización de tareas de prevención en campo y controles de los esquemas de explotación. La supervisión estuvo a cargo del COIRCO complementada con auditorias periódicas realizadas a través de análisis de control en el laboratorio de la Universidad Nacional del Sur.

El Acta de Neuquén firmada el 17 de marzo de 1997 por el Ministerio del Interior, los señores Gobernadores de las Provincias de la Cuenca (Buenos Aires, La Pampa, Mendoza, Neuquén y Río Negro) y la Secretaría de Energía de la Nación, dispuso en su artículo 1º: "Las partes acuerdan la incorporación del COIRCO, al sistema de contralor técnico operativo de las actividades de exploración, explotación y transporte de hidrocarburos reguladas por la ley N° 17319 y sus normas complementarias, que se desarrolle o produzca consecuencias en la Cuenca del Río

Colorado, constituyendo conjuntamente con la Subsecretaría de Combustibles, una Comisión Técnica Fiscalizadora (C.T.F.)”.

Este Acta Acuerdo fue ratificada por las Provincias según sus procedimientos constitucionales y por la Secretaría de Energía a través de la Resolución SEyP N° 199 de fecha 18 de abril de 1997.

Constituida dicha Comisión (Secretaría de Energía – COIRCO) se aprobó un Plan de Actividades, que contemplaba en uno de sus puntos, la organización de un estudio de calidad de agua, contemplando no sólo el análisis de la columna líquida sino también del sedimento y de los peces, considerando todas las fuentes de contaminación existentes (petrolera, agroquímicos, efluentes cloacales y descargas industriales).

Este Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema Río Colorado - Embalse Casa de Piedra y de las Fuentes de Descarga al Río, que tuvo inicio de ejecución a fines del año 1997, fue diseñado por la Subgerencia de Investigación y Control de Calidad de Aguas del Departamento Provincial de Aguas de Río Negro; revisado por especialistas de las restantes provincias de la cuenca y, una vez aprobado por la Comisión Técnica Fiscalizadora (Secretaría de Energía – Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), coordinado y fiscalizado por la Gerencia Técnica del COIRCO.

El Asesor de este Programa, el Bioquímico Ricardo Alcalde, fue el responsable del seguimiento, interpretación de resultados y preparación del presente informe.

La financiación del Programa fue asumida por las empresas Repsol YPF S.A., Astra C.A.P.S.A. una empresa Repsol, Pérez Companc S.A. y Union Pacific Resources Argentina S.A. que desarrollan actividades petroleras en la Cuenca del Río Colorado.

Los resultados del monitoreo de calidad de las aguas, sumado al conjunto de acciones que lograron reducir a su mínima expresión las posibilidades de impactos ambientales, permiten afirmar que el río Colorado puede ser destinado a todos los usos previstos.

Octubre de 1999

INDICE

I. INTRODUCCION	1
I.1. OBJETIVOS.....	2
I.2. AREA DE ESTUDIO – ASPECTOS FISICOS – ESTADO DE DESARROLLO.....	3
II. EVALUACION DE LA APTITUD DEL AGUA DEL SISTEMA DEL RIO COLORADO- EMBALSE CASA DE PIEDRA PARA SUS DIFERENTES USOS	8
II.1. INTRODUCCION.....	9
II.2. PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA SELECCIONADOS.....	10
II.2.1. Fuente de agua potable.....	10
II.2.2. Uso en irrigación.....	12
II.2.3. Uso en ganadería.....	13
II.2.4. Protección de la vida acuática.....	13
II.3. ESTACIONES DE MONITOREO DE COLUMNA LIQUIDA.....	14
II.4. METODOLOGIA DE MUESTREO Y ANALISIS.....	15
II.4.1. Método de muestreo.....	15
II.4.2. Laboratorios actuantes – Métodos de análisis.....	16
II.5. CALIDAD DE LAS OPERACIONES DE CAMPO Y DEL LABORATORIO.....	18
II.5.1. Hidrocarburos.....	18
II.5.2. Metales y metaloides.....	19
II.5.3. Iones mayores y nutrientes.....	19
II.6. EVALUACION DE PARAMETROS RELATIVOS A FUENTES DE AGUA POTABLE.....	24
II.6.1. Resultados.....	25
II.6.2. Discusión.....	32
II.7. PARAMETROS RELATIVOS AL USO DEL AGUA EN IRRIGACION.....	34
II.7.1. Resultados.....	35
II.7.2. Discusión.....	38
II.8. PARAMETROS RELATIVOS AL USO EN GANADERIA.....	39
II.8.1. Resultados.....	40
II.8.2. Discusión.....	43
II.9. PARAMETROS RELATIVOS A LA PROTECCION DE LA VIDA ACUATICA.....	44
II.9.1. Resultados.....	45
II.9.2. Discusión.....	52
II.10. EVALUACION PRELIMINAR DE LAS CARGAS DE NUTRIENTES AL EMBALSE CASA DE PIEDRA.....	54
II.10.1. Introducción.....	55
II.10.2. Investigación de nutrientes en fuentes puntuales.....	55
II.10.3. Resultados.....	56
II.10.4. Discusión.....	59
II.11. EVALUACION DE PARAMETROS INDICADORES DE LA INFLUENCIA DE LAS DESCARGAS DE LIQUIDOS CLOACALES EN CUERPOS RECEPTORES.....	60
II.11.1. Introducción.....	61
II.11.2. Resultados.....	61
II.11.3. Discusión.....	63
III. INVESTIGACION DE SUSTANCIAS TOXICAS EN TEJIDOS DE PECES DEL SISTEMA RIO COLORADO-EMBALSE CASA DE PIEDRA	64
III.1. INTRODUCCION.....	65
III.2. INVESTIGACION DE METALES PESADOS Y METALOIDES EN MÚSCULO DE PECES.....	65
III.2.1. Metodología de muestreo.....	65
III.2.2. Análisis de metales pesados y metaloides – Laboratorios actuantes.....	66
III.2.3. Resultados.....	67
III.2.4. Discusión.....	68

III.3. INVESTIGACIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES EN MÚSCULO DE PECES	72
<i>III.3.1. Metodología de muestreo y análisis (ver Sección III.2.1)</i>	72
<i>III.3.2. Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares – Laboratorio actuante</i>	72
<i>III.3.3. Resultados</i>	72
<i>III.3.4. Discusión</i>	73
III.4. INVESTIGACION DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN MÚSCULO DE PECES	74
<i>III.4.1. Metodología de muestreo</i>	74
<i>III.4.2. Análisis de plaguicidas organoclorados – Laboratorio actuante</i>	75
<i>III.4.3. Resultados</i>	75
<i>III.4.4. Discusión</i>	75
IV. INVESTIGACION DE SUSTANCIAS TOXICAS EN SEDIMENTOS DE FONDO DEL SISTEMA RIO COLORADO-EMBALSE CASA DE PIEDRA	85
IV.1. INTRODUCCION	86
IV.2. INVESTIGACION DE METALES PESADOS Y METALOIDES	87
<i>IV.2.1. Metodología de muestreo y análisis</i>	87
<i>IV.2.2. Análisis de metales y metaloides – Laboratorio actuante</i>	88
<i>IV.2.3. Resultados</i>	90
<i>IV.2.4. Discusión</i>	104
IV.3. INVESTIGACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES	105
<i>IV.3.1. Metodología de muestreo y análisis (ver sección IV.2.1)</i>	105
<i>IV.3.2. Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares – Laboratorio actuante</i>	105
<i>IV.3.3. Resultados</i>	106
<i>IV.3.4. Discusión</i>	109
IV.4. INVESTIGACION DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS	109
<i>IV.4.1. Metodología de muestreo</i>	110
<i>IV.4.2. Análisis de plaguicidas organoclorados – Laboratorio actuante</i>	110
<i>IV.4.3. Resultados</i>	110
<i>IV.4.4. Discusión</i>	112
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
V.1. CONCLUSIONES	114
V.2. RECOMENDACIONES	115
REFERENCIAS	116

I. INTRODUCCIÓN





I.1. OBJETIVOS

El Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema Río Colorado-Embalse Casa de Piedra fue diseñado con el propósito de establecer un diagnóstico de la situación actual del recurso en relación con los episodios de contaminación registrados en el pasado y con las actividades potencialmente contaminantes que en la actualidad se desarrollan en la cuenca.

Para alcanzar tal objetivo se proyectó estudiar el estado de diferentes compartimentos del medio acuático (columna líquida, peces y sedimentos de fondo) en relación con las fuentes de contaminación.

Las potenciales fuentes de contaminantes relevadas fueron: la explotación petrolera, la actividad agrícola y los asentamientos poblacionales a través de sus descargas.

La evaluación de los peces tuvo por objeto establecer la presencia de sustancias tóxicas que podrían haberse acumulado como consecuencia de episodios anteriores de contaminación. Los sedimentos de fondo fueron considerados como sitios potenciales de acumulación y reciclado de contaminantes, que podrían afectar la calidad del agua y la biota acuática, aún en ausencia de descargas al río.

Para juzgar la calidad del agua en el área de estudio, se identificaron los usos a que es sometida la misma y se establecieron como referencia los valores guía, para dichos usos, establecidos por organismos internacionales (O.M.S., Environment Canada y US EPA).

Los principales usos del agua identificados son: fuente de agua potable, irrigación, ganadería y medio apto para el desarrollo de la vida acuática.

Igual criterio, en relación a los valores guía, se siguió para establecer la calidad de los sedimentos de fondo y la aptitud de los peces para el consumo humano.

La definición del área de estudio se basó en el siguiente criterio: por tratarse de contaminantes en su gran mayoría hidrofóbicos y con mayor afinidad por los sólidos en suspensión transportados por el agua, dicha área debía comprender el tramo del río expuesto a los contaminantes y el embalse Casa de Piedra como destino final de los mismos. Fueron incluidos como sitios de referencia, por pertenecer a áreas sin influencia antrópica, dos puntos singulares en los ríos Grande y Barrancas, afluentes del Colorado. En el río Grande, además de la estación de referencia (Bardas Blancas), se incluyó otra (campamento Vialidad), relacionada con la explotación petrolera.

Se identificaron las fuentes actuales de descarga al río: los canales de drenaje agrícola y las descargas urbanas y otras ya fuera de funcionamiento, como las ex-descargas de las deshidratadoras de petróleo crudo.

Fue incluida una evaluación preliminar de las cargas antropogénicas de nutrientes (urbanas y agrícolas) al embalse Casa de Piedra como un primer paso hacia

un estudio más detallado de su estado trófico y de su posible evolución. El estado trófico del embalse y su futuro manejo es un aspecto de primordial importancia en la gestión de la cuenca.

La iniciación del Programa tuvo lugar en noviembre de 1997, luego de dos campañas previas, una de reconocimiento del área y ubicación de las estaciones de monitoreo realizada en julio de 1997 y otra consistente en una prueba piloto de las operaciones de muestreo, efectuada en octubre de ese mismo año. Las tareas de monitoreo correspondientes a esta etapa finalizaron en febrero de 1999.

1.2. AREA DE ESTUDIO – ASPECTOS FISICOS – ESTADO DE DESARROLLO

El área de estudio (Figs.1, 2 y 3) está ubicada en jurisdicción de cuatro de las cinco provincias de la cuenca (Mendoza, Neuquén, La Pampa y Río Negro), en una región semiárida que se extiende desde las primeras estribaciones montañosas hasta la zona del valle fluvial incluyendo al embalse Casa de Piedra.

En dicha área tienen lugar como actividades productivas principales la explotación petrolera, la agricultura y la ganadería.

En la cuenca operan varias empresas petroleras, siendo los principales yacimientos Chihuido de la Sierra Negra, Lomita, Filo Morado, Desfiladero Bayo, El Trapial, Puesto Hernández, El Portón, Señal Picada, El Santiagueño y El Medanita. La actividad petrolera tiene su máxima expresión en la provincia de Neuquén, existiendo también explotación en las provincias de Mendoza, La Pampa y Río Negro.

La actividad agrícola principal en el área de estudio, consiste en el cultivo de frutales, pasturas, hortalizas y forestales. Tiene lugar en las zonas bajo riego de Peñas Blancas, Valle Verde y Catriel (Río Negro) con 5525 ha, El Sauzal, Colonia Chica y 25 de Mayo (La Pampa) con 7215 ha; Rincón de los Sauces, Rincón Colorado, Octavio Pico (Neuquén) con 120 ha.

La ganadería está representada por la cría de ganado caprino, ovino y bovino.

Los principales asentamientos poblacionales en las márgenes del río Colorado son Rincón de los Sauces (14.000 habitantes), 25 de Mayo (11.000 habitantes) y Catriel (15.000 habitantes).

Los abastecimientos de agua potable de las mencionadas localidades tienen captaciones directas del río (Catriel) o de subálveo (Rincón de los Sauces, 25 de Mayo y Catriel).

Las descargas urbanas de Catriel y de 25 de Mayo tienen como destino final el río Colorado.

En la Tabla 1 figuran los caudales medios anuales históricos de los ríos Grande, Barrancas y Colorado, en el área de estudio. La Tabla 2 muestra las características del embalse Casa de Piedra.

Tabla 1. Caudales medios anuales históricos de los principales ríos de la cuenca

río	Caudal medio anual ($m^3 \cdot s^{-1}$)
Río Grande (La Gotera)	111
Río Barrancas (Barrancas)	34.8
Río Colorado (Buta Ranquil)	147

Tabla 2. Dimensiones físicas del embalse Casa de Piedra (*)

Superficie (km^2)	202
Volumen (hm^3)	2197
Profundidad media (m)	9
Tiempo de residencia del agua (años)	1.15

(*): valores medios correspondientes al periodo de estudio

ÁREA DE ESTUDIO DEL RÍO COLORADO PROVINCIAS RIBEREÑAS

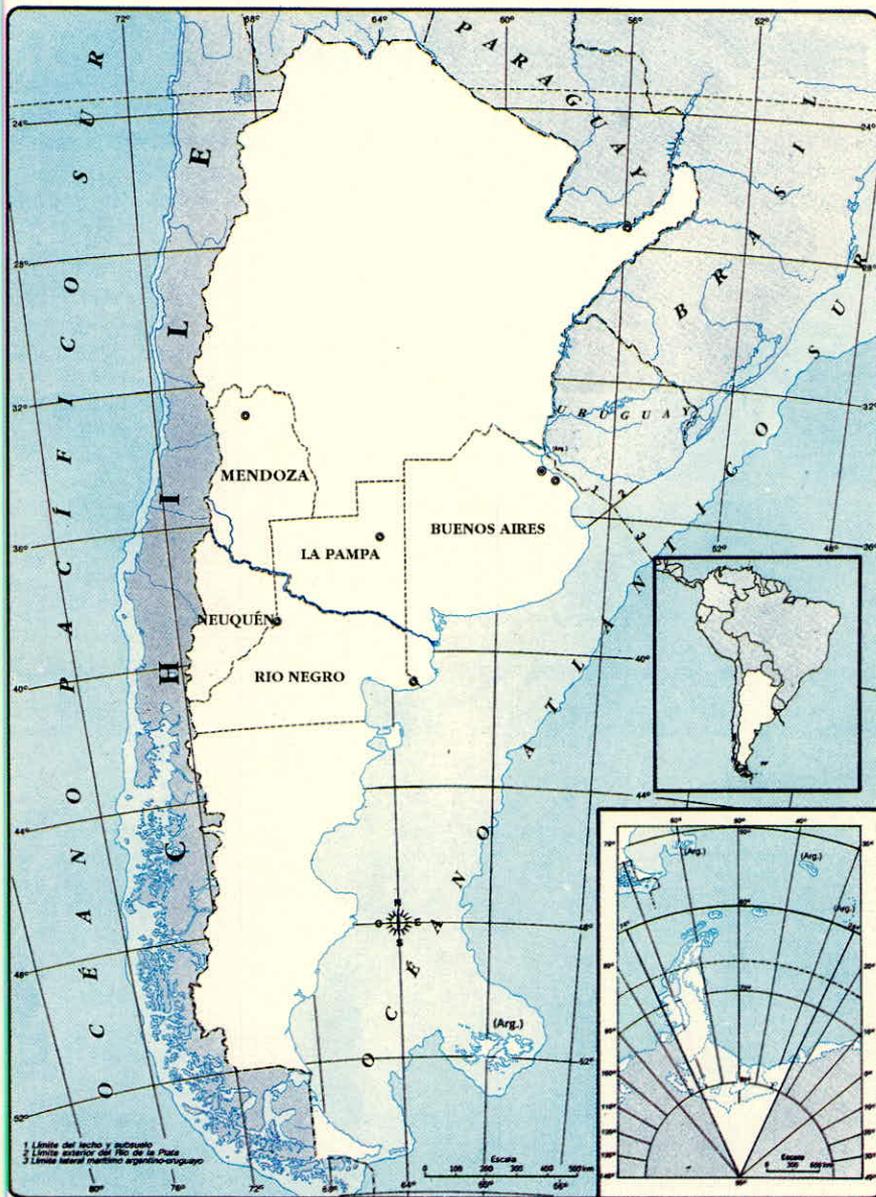


Figura 1.

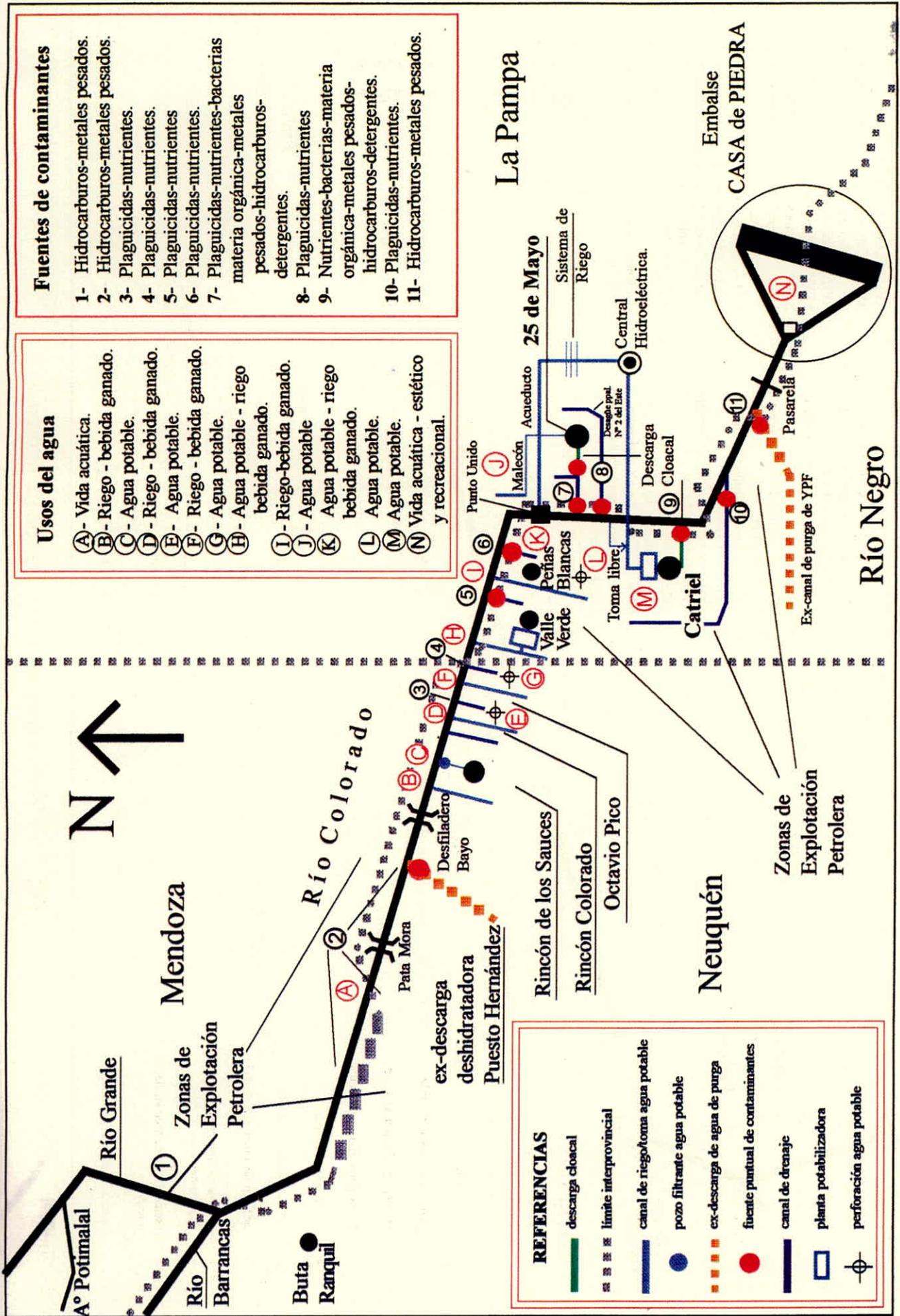


Fig. 2- Fuentes de contaminantes derivados de la explotación del petróleo del sistema río Colorado Superior-Embalse Casa de Piedra y usos del agua en el área que podrían estar comprometidos.

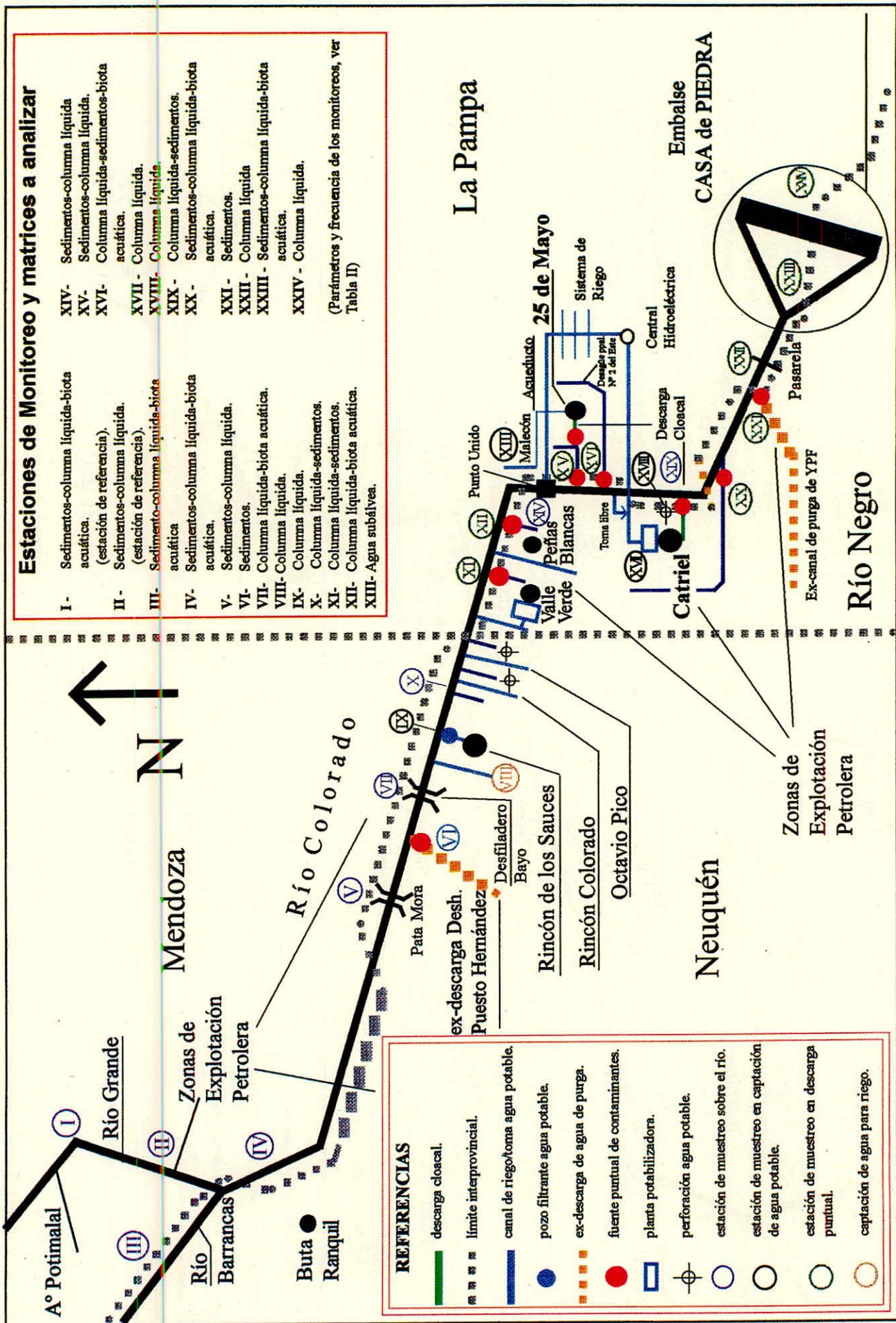
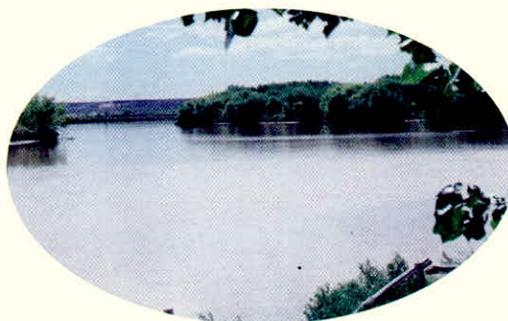


Fig. 3 - Ubicación de las estaciones de monitoreo

II. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL AGUA DEL SISTEMA RÍO COLORADO - EMBALSE CASA DE PIEDRA PARA SUS DIFERENTES USOS

RICARDO ALCALDE



COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO
SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN
GRUPO INTEREMPRESARIO

II.1. INTRODUCCION

Uno de los objetivos del **Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema del Río Colorado-Embalse Casa de Piedra y de las Fuentes de Descarga al Río**, fue evaluar la aptitud del agua para los diferentes usos a que es sometida en el área, en relación con las fuentes potenciales de contaminantes existentes.

Los principales usos del agua identificados en el área de estudio son: fuente de agua potable, irrigación, bebida del ganado y medio para el desarrollo de la vida acuática.

Las fuentes de contaminación potenciales consideradas son la explotación petrolera, la actividad agrícola y las descargas urbanas.

La selección de las sustancias a relevar, en relación a cada uso, fue hecha teniendo en cuenta su toxicidad, su probable aporte desde las fuentes de contaminación mencionadas y la existencia de valores guía para evaluar su incidencia en la aptitud del recurso. Otros parámetros tales como los nutrientes, fueron incluidos con el objeto de realizar una evaluación preliminar de las cargas que recibe el embalse Casa de Piedra

Los sustancias mencionadas pueden distinguirse según la posible fuente de origen en tres grupos principales: hidrocarburos aromáticos polinucleares, metales pesados/metaloideos y sales (explotación petrolera); plaguicidas, nutrientes y sales (actividad agrícola) y nutrientes, materia orgánica, bacterias, hidrocarburos aromáticos polinucleares y metales pesados/metaloideos (descargas urbanas).

Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas en función del uso del agua que se intentaba evaluar y de las fuentes potenciales de contaminación. De esta manera se las ubicó en sitios próximos a zonas de explotación petrolera, de actividad agrícola o de descargas urbanas para evaluar la aptitud del agua para desarrollo de la vida acuática; de bocatomas de sistemas de riego en relación con el uso en irrigación y ganadería y de captaciones de suministros públicos para su uso como fuente de agua potable.

Las características de la explotación petrolera en la cuenca, con una vasta área de fuentes potenciales, difusas y puntuales, de contaminantes intercaladas con sitios de captación del agua para diferentes usos, determinó la necesidad de establecer un amplio número de estaciones de monitoreo que pudieran reflejar, en cada caso, las condiciones del agua para cada uno de dichos usos.

Se establecieron además dos estaciones de referencia, una en el río Barrancas y otra en el Grande, afluentes del Colorado, en áreas libres de influencia antrópica con el fin de disponer de información sobre las condiciones de base.

La necesidad de contar con datos de calidad de aguas de alta confiabilidad para el diagnóstico del estado del recurso y la toma de decisiones, en particular los referidos a la presencia de sustancias tóxicas a nivel de trazas, se estableció un programa de

aseguramiento de la calidad destinado a poner bajo control todas las etapas involucradas en la generación de dichos datos (Gaskin, J.E., 1993).

II.2. PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA SELECCIONADOS

II.2.1. Fuente de agua potable

Las Tablas 1 y 2 muestran el listado de parámetros inorgánicos y orgánicos seleccionados para evaluar la calidad del agua del sistema para suministro público de agua potable.

Tabla 1. Parámetros inorgánicos

Parámetro	Fuente	Valor Guía ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Significación
Antimonio	O.M.S. – COFES	5	salud
Arsénico	O.M.S.	10	salud
Bario	O.M.S. – COFES	700	salud
Boro	O.M.S. – COFES	300	salud
Cadmio	O.M.S. – COFES	3	salud
Cinc	O.M.S. – COFES	3000	cualidades estéticas del agua
Cobre	O.M.S. – COFES	2000	cualidades estéticas del agua
Cromo	O.M.S. – COFES	50	salud
Dureza total	O.M.S.	-	cualidades estéticas del agua
Manganeso	O.M.S. – COFES	500	cualidades estéticas del agua- salud
Mercurio	O.M.S. – COFES	1	salud
Molibdeno	O.M.S. – COFES	70	salud
Níquel	O.M.S. – COFES	20	salud
Plomo	O.M.S. – COFES	10	salud
Selenio	O.M.S. – COFES	10	salud
Uranio	GCDWQ	100	salud

O.M.S.: Guidelines for Drinking Water Quality (1993) – COFES: Norma de Calidad para el Agua de Bebida de Suministro Público (1996) – GCDWQ: Guidelines for Canadian Drinking Water (1998)

El listado de parámetros de calidad y sus correspondientes valores guía, en relación con los suministros públicos de agua potable fue confeccionado en base a normas de reconocida autoridad. Se adoptaron las indicaciones publicadas en Guidelines for Canadian Drinking Water Quality (Health Canada, 1998), Guidelines for Drinking Water Quality (O.M.S., 1993) y en la Norma de Calidad para el Agua de Bebida de Suministro Público (COFES, 1996). En estos casos, los valores guía recomendados corresponden a agua de bebida de suministros públicos y no a fuentes de agua potable. Estos valores guía, resultan en muchos casos más estrictos que los correspondientes a calidad de fuentes de agua.

No obstante, dado que el agua subterránea (de subálveo) es una importante fuente para el abastecimiento de agua potable en la zona y que el único tratamiento que requiere antes de ser distribuida es la desinfección, por lo que cabe esperar que su calidad original no varíe en gran medida de la correspondiente a la fuente de captación, la aplicación en este caso de valores guía para el agua de suministro público encuentra plena justificación.

En el caso de los plaguicidas, cuya medición ha sido efectuada en el agua del río, la cual es sometida a tratamiento de clarificación en su fase de potabilización, la utilización de los valores guía de O.M.S., C.O.F.E.S. y GCDWQ resulta más conservadora. Dado que la mayoría de estas sustancias tienen mayor afinidad por los sólidos en suspensión, cabe esperar que el tratamiento de clarificación reduzca en alto grado las concentraciones de estas sustancias, de haber estado presentes.

Tabla 2. Parametros orgánicos (Plaguicidas e Hidrocarburos)

Plaguicidas	Valores guía ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Fuente
ORGANOCOLORADOS		
Aldrin	0.03	O.M.S. – COFES
Clordano (total isómeros)	0.2	O.M.S. – COFES
DDT + metabolitos	2	O.M.S. – COFES
Dieldrin	0.03	O.M.S. – COFES
Endosulfan	(*)	-
Endrin	(*)	-
Heptacloro + Heptacloro epóxido	0.03	O.M.S. – COFES
Hexaclorociclohexano (α , β y γ)	1	O.M.S. – COFES
Pentaclorofenol	9	O.M.S. – COFES
ORGANOFOSFORADOS		
Clorpirifos	90	GCDWQ
Disulfoton	(*)	-
Etilparation	50	GCDWQ
Fosmet	(*)	-
Metidation	(*)	-
Metilazinfos	20	GCDWQ
Metildemeton	(*)	-
Metilparation	(*)	-
Metribuzin	80	GCDWQ
Monocrotofos	(*)	-
CARBAMATOS		
Carbaryl	90	GCDWQ
Carbofuran	5	O.M.S. – COFES
Pirimicarb	(*)	-
PIRETROIDES		
Deltametrina	(*)	-
Permetrina	20	O.M.S. – COFES
HERBICIDAS		
Trifuralina	20	O.M.S. – COFES
Linuron	(*)	-
Metribuzin	(*)	-
Metoxicloro	20	O.M.S. – COFES
Pendimetalin	20	O.M.S. – COFES
Metoxuron	(*)	-

Tabla 2 (continuación)**FUNGICIDAS**

Bupirimato	(*)	-
Captan	(*)	-

HIDROCARBUROS

Benzo(a)pireno	0,7	O.M.S. - COFES
----------------	-----	----------------

O.M.S: Guidelines for Drinking Water Quality (1993) – COFES: Norma de Calidad para el Agua de Bebida de Suministro Público (1996) – GCDWQ: Guidelines for Canadian Drinking Water (1998) (*) no disponible al presente.

II.2.2. Uso en irrigación

La evaluación de calidad del agua para uso en irrigación se llevará a cabo tomando como referencia los parámetros y valores guía recomendados en Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Irrigation (1999) (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros inorgánicos y valores guía para el agua de irrigación.

Parámetro	Valor Guía ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
Arsénico	100 ^a
Berilio	100 ^b
Boro	500 – 6000
Cadmio	5,1 ^c
Cinc	1000 – 5000
Cobalto	50
Cobre	200 – 1000
Cromo	4,9 ^d – 8 ^e
Litio	2500
Manganeso	200
Molibdeno	10 – 50
Níquel	200
Plomo	200
Selenio	20 – 50
Uranio	10
Vanadio	100
Sodio (cálculo RAS)	-
Calcio (cálculo RAS)	-
Magnesio (cálculo RAS)	-
Conductividad (cálculo RAS)	-

Modificaciones introducidas en la edición 1999 – a: se elimina 2000 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ como valor guía para suelos neutros a alcalinos; b: se elimina 500 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ como valor guía para suelos neutros a alcalinos; c: se reduce de 10 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ a 5,1 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; d -se reduce de 100 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ a 4,9 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ para cromo (III); e: se reduce de 100 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ a 8 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ para cromo (VI).

II.2.3. Uso en ganadería

El listado de parámetros inorgánicos y sus respectivos valores guía corresponden a los indicados en Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Water Uses –Livestock (1999) para metales y metaloides (Tabla 4).

Tabla 4 – Parámetros inorgánicos y valores guía para uso en ganadería.

Parámetro	Valor guía ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Aluminio	5000
Arsénico	25 ^a
Berilio	100
Boro	500 ^b
Cadmio	80 ^c
Cinc	50000
Cobalto	1000
Cobre	500-5000
Cromo (III)	50 ^d
Cromo (VI)	50 ^e
Mercurio	3
Molibdeno	500
Níquel	1000
Plomo	100
Selenio	50
Uranio	200
Vanadio	100

Modificaciones en la edición de 1999: a - se baja el valor guía de 500-5000 $\mu\text{g L}^{-1}$ a 25 $\mu\text{g L}^{-1}$; b - se baja el valor guía de 5000 $\mu\text{g L}^{-1}$ a 500 $\mu\text{g L}^{-1}$; c - se sube el valor guía de 20 $\mu\text{g L}^{-1}$ a 80 $\mu\text{g L}^{-1}$; d y e - se baja el valor guía de 1000 $\mu\text{g L}^{-1}$ a 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, con especificación del estado de oxidación del cromo.

II.2.4. Protección de la vida acuática

Los parámetros inorgánicos y orgánicos y sus respectivos valores guía han sido extraídos de Canadian Water Quality Guidelines (CCREM, 1987) (Tablas 5 y 6)

Tabla 5. Parámetros inorgánicos y valores guía para la protección de la vida acuática.

Parámetro	Valor Guía ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Arsénico	50
Cadmio	1.8
Cinc	30
Cobre	4
Cromo	2
Mercurio	0.1
Níquel	150
Plata	0.1
Plomo	7
Selenio	1

Tabla 6. Parámetros orgánicos y valores guía para la protección de la vida acuática.

Parámetro	Valor Guía ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Aldrin/Dieldrin	0,004
Clordano (isómeros)	0,006
DDT + metabolitos	0,001
Disulfoton	(*)
Heptacloro + Heptacloro epóxido	0,01
Hexaclorociclohexano (isómeros)	0,01
Endrin	0,023
Etilparation	0,008
Benomil	(*)
Bupirimato	(*)
Captan	2,8
Carbaryl	0,02
Carbofuran	1,75
Deltametrina	(*)
Endosulfan	0,02
Fosmet	0,2
Lambdaciahalotrina	(*)
Linuron	7,0
Metidation	(*)
Metilazinfos	0,005
Metildemeton	40,0
Metribuzin	1,0
Permetrina	(*)
Pirimicarb	(*)
Trifuralina	0,1

(*) valor guía no disponible al presente

II.3. ESTACIONES DE MONITOREO DE COLUMNA LIQUIDA

La Tabla 7 muestra las estaciones de monitoreo establecidas para evaluar la calidad del agua para los diferentes usos y las descargas al río.

Tabla 7. Estaciones de monitoreo: ubicación, frecuencia de operación y objetivos.

Estación N°	Sitio	Objetivo	Frecuencia
I	Río Grande (Bardas Blancas)	Referencia	cuatrimestral
II	Río Grande (Campamento Vialidad)	Vida acuática	cuatrimestral
III	Río Barrancas (Puente Ruta 40)	Referencia	cuatrimestral
IV	Río Colorado (Buta Ranquil)	Vida acuática	mensual
V	Río Colorado (puente Pata Mora)	Vida acuática	mensual
VII	Río Colorado (puente Desfiladero Bayo)	Vida acuática	mensual
VIII	Bocatoma riego Rincón de los Sauces	Irrigación – ganadería	mensual
IX	Pozo filtrante Rincón de los Sauces	Fuente de agua potable	mensual
X	Río Colorado (aguas abajo de Rincón Colorado)	Vida acuática	mensual
XI	Canal de drenaje Valle Verde	Aporte de nutrientes y sales	mensual

Tabla 7 (continuación)

XII	Canal de drenaje Peñas Blancas	Aporte de nutrientes y sales.	mensual
XIII	Captación de agua 25 de Mayo (malecón)	Fuente de agua potable	mensual
XIV	Punto Unido	Fuente de agua potable – agua para irrigación y ganadería.	mensual
XV	Canal de drenaje-descarga cloacal 25 de Mayo (dren del este)	Aporte de nutrientes, bacterias, materia orgánica y sales.	mensual
XVI	Canal de drenaje 25 de Mayo (dren del este)	Aporte de nutrientes y sales.	mensual
XVII	Toma de agua Catriel	Fuente de agua potable.	mensual
XVIII	Perforación B° Santa Cruz (Catriel)	Fuente de agua potable.	cuatrimestral
XIX	Descarga cloacal Catriel	Aporte de nutrientes, materia orgánica, bacterias y sales.	mensual
XX	Canal de drenaje Catriel	Aporte de nutrientes y sales.	mensual
XXII	Pasarela Medanita	Vida acuática.	mensual
XXIII	Entrada embalse Casa de Piedra	Vida acuática.	mensual
XXIV	Salida embalse Casa de Piedra	Vida acuática.	mensual

II.4. METODOLOGIA DE MUESTREO Y ANALISIS

II.4.1. Método de muestreo

Las muestras de columna líquida (agua + sólidos suspendidos) para todas las determinaciones, fueron obtenidas manualmente, lejos de la orilla, destapando los envases a 20 cm de profundidad, colocando la boca de los mismos en contra de la dirección de la corriente. Las características de velocidad de la corriente en los ríos del sistema no permite el uso de dispositivos mecánicos de muestreo.

Dada la imposibilidad, en la mayoría de los casos, de efectuar los muestreos sobre una transecta, debido a la velocidad de la corriente y a la inaccesibilidad de la margen opuesta, los muestreos en los ríos fueron realizados siempre sobre la margen correspondiente al sitio de captación del agua para los diferentes usos.

Una vez obtenidas las muestras, empleando los tipos de envases y conservantes especificados en la Tabla 8, fueron enviadas a los respectivos laboratorios.

Un sistema de custodia de las muestras, implementado para la operación del responsable de los muestreos, permitió garantizar en todos los casos el estricto cumplimiento de las condiciones de conservación y tiempo máximo de transporte al laboratorio. Recibidas las muestras fueron analizadas dentro de los tiempos máximos admisibles de almacenamiento.

Tabla 8. – Envases, conservantes y tiempos máximos de almacenamiento^a empleados en el muestreo de columna líquida para el análisis de los diferentes parámetros.

Parámetro	Recipiente y volumen requerido	Conservante	Tiempo máximo de almacenamiento
Bacterias coliformes	100-250 mL (P o V) esterilizados	< 4° C	(*)
Boro	100 mL (P) ^b	< 4° C	28 días
Calcio	250 mL (P)	< 4° C; HNO ₃ 1+1; pH <2	6 meses
Clorofila <i>a</i>	5000 mL (V, color ámbar)	filtración en campo; < 4° C	30 días
D.B.O. ₅	1000 mL (P o V)	< 4° C	48 h
D.O.O.	250 mL (P o V)	< 4° C; H ₂ SO ₄ 1+1; pH <2	28 días
Detergentes	250 mL (P o V)	< 4° C	48 h
Fósforo total	250 mL (V)	< 4° C; H ₂ SO ₄ 1+1; pH <2	48 h
Hidrocarburos alifáticos	2000 mL (V) ^c	< 4° C; HCL 1+1; pH <2	48 h
Hidrocarburos aromáticos polinucleares	2000 mL (V) ^d	< 4° C; HCL 1+1; pH <2	24 h
Hierro, manganeso, aluminio	1000 mL (P o V) ^e	filtración en campo (membrana 0,45 μm) HNO ₃ pH <2 - <4 °C	6 meses
Magnesio	250 mL (P)	< 4° C; HNO ₃ 1+1; pH <2	6 meses
Metales y metaloides en general	1000 mL (P o V) ^a	< 4° C; HNO ₃ 1+1; pH <2	6 meses
NT, NO ₂ , NO ₃ , NH ₄	500 mL (P o V)	< 4° C; H ₂ SO ₄ 1+1; pH <2	48 h
PRS	250 mL (V)	< 4° C; H ₂ SO ₄ 1+1; pH <2	48 h
Sodio	100 mL (P)	< 4° C	7 días
Sulfatos	250 mL (P)	< 4° C	28 días

a: APHA, AWWA, WEF, 1992, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed.

b, c, d y e: requieren procedimientos especiales de limpieza

P: plástico; V: vidrio

(*): Analizar a la brevedad posible

II.4.2. Laboratorios actuantes – Métodos de análisis

II.4.2.1. Hidrocarburos

Los análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares y alifáticos fueron realizados en el Laboratorio de Química Ambiental – Universidad Nacional de La Plata (Florencio Varela) mediante cromatografía en fase gaseosa de alta resolución con detector FID.

II.4.2.2. Metales y metaloides

Los análisis correspondientes a estos parámetros fueron llevados a cabo en el Centro Atómico Bariloche por medio de activación neutrónica instrumental y en la Universidad Nacional del Comahue (Neuquén) y Centro Atómico Bariloche por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito. La primera de las técnicas consiste en la irradiación de las muestras con neutrones en el reactor RA-6 para la activación de los elementos presentes y posterior análisis de la radiación gama que emiten dichos elementos activados.

II.4.2.3. Plaguicidas

Los análisis de plaguicidas en columna líquida fueron realizados en el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Nacional del Comahue – Neuquén (Facultad de Ingeniería – Departamento Química) por los siguientes métodos:

Organoclorados: Método multiresiduo U.S. EPA – Extracción Líquido-Líquido con cloruro de metileno – Cromatografía en fase gaseosa – Detector de Captura Electrónica (ECD). (Analysis of Pesticide Residue in Human and Environmental Samples, Sección 10^a, pp 1-26, U.S. EPA, modificado).

Organofosforados: Método multiresiduo U.S. EPA - Extracción Líquido-Líquido con cloruro de metileno – Cromatografía en fase gaseosa – Detector de Nitrógeno-Fósforo (NPD). (Analysis of Pesticide Residue in Human and Environmental Samples, Sección 10^a, pp 1-26, U.S. EPA, modificado).

Carbamatos: Método multiresiduo U.S. EPA - Extracción Líquido-Líquido con cloruro de metileno – Cromatografía en fase gaseosa – Detector de Ionización de llama (FID). (Analysis of Pesticide Residue in Human and Environmental Samples, Sección 10^a, pp 1-26, U.S. EPA, modificado).

Piretroides: Extracción Líquido-Líquido con hexano – Cromatografía en fase gaseosa – Detector de Captura Electrónica (ECD). (Environmental Protection Agency and other Methods for the Determination of Priority Pesticides and their Transformation Products in Water, 1993, Journal of Chromatography, 1983, **643**: 117-143 y Pesticide Residue Analysis, *in* Proceedings of a Joint FAO/WHO Course).

Fungicidas: Extracción Líquido-Líquido con cloruro de metileno – Cromatografía en Capa Fina (TLC) – Revelado biológico.

(Wassmuth-Wagner, I. and Jork, H.J., 1989, Journal of Planar Chromatography, 299-303, modificado y Development and Validation of Cost Effective Screening Methods for Pesticide Residues in Vegetables, IAEA 8908, Final Report, 1996).

Herbicidas: Extracción Líquido-Líquido con cloruro de metileno – Cromatografía en Capa Fina (TLC) – Revelado biológico.

(Development and Validation of Cost Effective Screening Methods for Pesticide Residues in Vegetables, IAEA 8908, Final Report, 1996)

II.4.2.4. Iones mayores, sólidos suspendidos totales y materia orgánica.

Los análisis correspondientes a estos parámetros fueron realizados en el Laboratorio Químico del Grupo de Estudios en Calidad de Aguas y Recursos Acuáticos del Centro Regional Bariloche de la Universidad Nacional del Comahue.

Métodos Analíticos

Sulfato: método turbidimétrico; 420 nm, celda 1 cm.

Dureza: método complexométrico con EDTA.

Magnesio: método complexométrico con EDTA.

Sodio: fotometría de emisión de llama.

Sólidos Suspendidos Totales: método gravimétrico; filtración a través de membrana de GF/C de 1,2 μm y secado a 105 °C

Boro: método de la curcumina; espectrofotométrico.

Detergentes: método del azul de metileno, determinación colorimétrica.

II.5. CALIDAD DE LAS OPERACIONES DE CAMPO Y DEL LABORATORIO

Se llevó a cabo un control de calidad de las operaciones de campo y analíticas para las sustancias a nivel de trazas, consistente en el análisis de blancos, blancos adicionados, réplicas y réplicas adicionadas con estándares para metales y metaloides y de blancos y réplicas para los hidrocarburos aromáticos polinucleares (Gaskin, 1993). En este último caso no se efectuaron adiciones debido a las dificultades para obtener el estándar correspondiente. Las réplicas consistieron en muestras triplicadas extraídas en una estación del Programa. Para la realización de los blancos se empleó agua ultrapura (Tipo I – ASTM), siendo colocada en campo en los respectivos envases para ser remitidas al laboratorio junto con las muestras. Las adiciones de estándares a los blancos y a las réplicas también fueron llevadas a cabo en campo.

II.5.1. Hidrocarburos

En la tabla 9 se muestran los resultados de los análisis de las muestras de control preparadas en campo para hidrocarburos aromáticos polinucleares. El pireno presente en una de las réplicas (F) y en un blanco (G) es de probable origen pirogénico.

II.5.2. Metales y metaloides

En la Tabla 10 se muestran los analisis de las muestras de control preparadas para metales y metaloides.

II.5.3. Iones mayores y nutrientes

En la Tabla 11 figuran los resultados del control de calidad intralaboratorio realizado para iones mayores y nutrientes.

Tabla 9. Control de calidad de las operaciones de campo para la determinación de hidrocarburos aromáticos polinucleares en columna líquida.

Hidrocarburo	A (Réplica) µg.L ⁻¹	B (Réplica) µg.L ⁻¹	C (Réplica) µg.L ⁻¹	D (Réplica) µg.L ⁻¹	E (Réplica) µg.L ⁻¹	F (Réplica) µg.L ⁻¹	G (Blanco) µg.L ⁻¹	H (Réplica) µg.L ⁻¹
Naftaleno	-	-	-	-	-	-	-	-
Acenaftileno	-	-	-	-	-	-	-	-
Acenafteno	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluoreno	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenantreno	-	-	-	-	-	-	-	-
Antraceno	-	-	-	-	-	-	-	-
3-Metil-fenantreno	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Metil-fenantreno	-	-	-	-	-	-	-	-
9-Metil-fenantreno	-	-	-	-	-	-	-	-
1-Metil-fenantreno	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluoranteno	-	-	-	-	-	-	-	-
Pireno	-	-	-	-	-	1.44	1.44	-
Benzo(a)fluoreno	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno	-	-	-	-	-	-	-	-
Criseno	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(e)pireno	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	-	-	-	-	-	-	-	-
DiBenzoantraceno	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)perileno	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	-	1.44	1.44	-

(-) no detectado

Tabla 10. Control de calidad de las operaciones de campo para la determinación de metales y metaloides en columna líquida.

Metal/ Metaloide	A (blanco) $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	C (réplica) $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	D (réplica) $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	E (réplica) $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	B (blanco adicionado) $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	F (réplica adicionada) $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	G (réplica adicionada) $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	H (réplica adicionada) $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
Antimonio ^a	<0.1	<0.5	<0.3	<1	60.5±6.3	60.3±6.7	62.0±7.0	61.6±6.9
Arsénico ^a	<1	<7	<5	<7	24.3±2.2	27.4±2.9	27.8±3.1	28.4±3.2
Bario ^a	<60	<100	<200	<200	<200	<200	<200	<300
Berilio ^b	<5	<5	<5	<10	15.0±1.5	25.0±2.5	25.0±2.5	20.0±2.0
Cinc ^a	<30	<30	<30	<30	84±20	66±21	47±17	62±17
Cobalto ^a	<1	<1	<1	<1	147.1±8.6	152.5±8.7	148.6±8.7	154.1±9.1
Cobre ^b	<4	<4	<4	<4	10±1	10±1	10±1	10±1
Cromo ^b	<2	<2	<2	<2	29.8±4.2	35.3±5.9	29.9±3.5	34.6±4.9
Litio ^b	<20	<20	<20	<20	<1	<20	<20	<20
Manganeso ^a	<10	<10	<10	<50	50±5	60±6	60±6	60±6
Mercurio ^a	<1	<1	<1	<1	11.5±1.8	13.1±2.1	12.8±1.8	13.4±2.1
Molibdeno ^a	<2	<8	<6	<10	<3	<10	<10	<10
Niquel ^a	<20	<20	<20	<20	136±40	75±37	110±36	119±38
Plata ^a	<1	<1	<1	<1	11.3±1.4	11.0±1.4	9.9±1.3	11.4±1.4
Plomo ^a	<5	<5	<5	<5	<5	<5	10±1	<5
Selenio ^a	<1	<1	<1	<1	14.2±2	12.6±1.7	14.5±1.8	14.8±1.9
Uranio ^a	<0.1	<1	0.83±0.22	<1	<0.3	<1	<1	<1
Vanadio ^a	<3	<20	<20	<30	139±13	160±16	160±17	159±16

a: determinados por activación neutrónica instrumental; b: determinadas por espectrometría de absorción atómica

Tabla 11. Precisión, porcentaje de recuperación y límite de cuantificación del método para iones mayores y nutrientes.

Parámetro	Límite de cuantificación (LC)	nivel de concentración	precisión (s)	recuperación (%)
Sodio	-	3 mg L ⁻¹	0,11	92
		7 mg L ⁻¹	0,06	
Calcio	-	10 mg L ⁻¹	0,065	100
		30 mg L ⁻¹	0,122	
Magnesio	-	9 mg L ⁻¹	0,064	105
		18 mg L ⁻¹	0,88	
Sulfato	-	10 mg L ⁻¹	1,3	96
		30 mg L ⁻¹	0,45	
Dureza total	-	-	-	105
Fósforo Total	7,3 µg P L ⁻¹	10 µg L ⁻¹	± 0,94	116
		40 µg L ⁻¹	± 0,99	
Nitrogeno Total	47,1 µg N L ⁻¹	50 µg L ⁻¹	± 2,1	110
		100 µg L ⁻¹	± 5,5	

Tabla 11. (continuación)

Parámetro	Límite de cuantificación (LC)	nivel de concentración	precisión (s)	recuperación (%)
Nitrato	1,1 $\mu\text{gN-NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$	5 $\mu\text{g L}^{-1}$ 100 $\mu\text{g L}^{-1}$	$\pm 0,17$ $\pm 2,7$	106
Nitrito	1,2 $\mu\text{gN-NO}_2^- \cdot \text{L}^{-1}$	5 $\mu\text{g L}^{-1}$ 20 $\mu\text{g L}^{-1}$	$\pm 0,63$ $\pm 0,61$	96
SAAM ^a	-	3 mg L^{-1} 0,030 mg L^{-1}	$\pm 0,005$ $\pm 0,0015$	-
Boro	-	0,5 mg L^{-1}	$\pm 0,022$	-

a: sustancias activas al azul de metileno (detergentes)

II.6. EVALUACION DE PARAMETROS RELATIVOS A FUENTES DE AGUA POTABLE

FUENTE DE AGUA POTABLE

II.6.1. Resultados

II.6.1.1. PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS

Tabla 14. ESTACION IX – Pozo Filtrante Rincón de los Sauces – Resumen de los valores observados de metales y metaloides.

	Antimonio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Bario ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	10	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	97±13	<LC	<LC
L.C	0,3	3-25	100-700	300	1	30	3-5	2-5
valor guía	5	10	700	300	3	3000	2000	50

	Manganeso ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Molibdeno ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Niquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	10	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	12±1	<LC	1,78±0,38
L.C	10-100	1	10	20	1-2	5-7	1-2	0,5-3
valor guía	500	1	70	20	50	10	10	100

L.C.: límite de cuantificación del método

FUENTE DE AGUA POTABLE

Tabla 15. ESTACION XIII – Captación de Agua para 25 de Mayo (malecón) - Resumen de los valores observados de metales y metaloides.

	Antimonio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Bario ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	5,5±2,2	<LC	<LC	<LC	70,4±10	8,0±0,8	<LC
LC	0,2-2	3-25	100-700	300	1	30	3-5	2-5
valor guía	5	10	700	300	3	3000	2000	50

	Manganeso ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Molibdeno ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Niquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	10	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	1175	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,69±0,25
LC	10-100	1	10	20	1-2	5-7	1-2	0,5-3
valor guía	500	1	70	20	50	10	10	100

L.C.: limite de cuantificación del método

FUENTE DE AGUA POTABLE

Tabla 16. ESTACION XIV – Río Colorado (Punto Unido) - Resumen de los valores observados de metales y metaloides

	Antimonio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Bario ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	10	11	11	11	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	96 \pm 12	6,0 \pm 0,6	7,4 \pm 2,3
L.C.	0,2-2	3-25	700	300	1	30	3-5	2-5
valor guía	5	10	700	300	3	3000	2000	50

	Manganeso ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Molibdeno ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	10	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	600 \pm 60	<LC	6,1 \pm 3,2	<LC	<LC	<LC	<LC	1,06 \pm 0,45
L.C.	10-100	1	10	20	1-2	5-7	1-2	0,5-3
valor guía	500	1	70	20	50	10	10	100

L.C.: límite de cuantificación del método

Tabla 17. ESTACION XVII – Toma de Agua Catriel – Resumen de los valores observados de metales y metaloides

	Antimonio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Bario ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	7,1±2,6	<LC	<LC	<LC	60,8±9,6	5,0±0,5	6,3±2,2
L.C.	0,2-2	3-25	100-700	300	1	30	3-5	2-5
valor guía	5	10	700	300	3	3000	2000	50

	Manganeso ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Molibdeno ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	10	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	1000±100	<LC	6,1±3,2	<LC	<LC	<LC	<LC	1,06±0,45
L.C.	10-100	1	10	20	1-2	5-7	1-2	0,5-3
valor guía	500	1	70	20	50	10	10	100

L.C.: límite de cuantificación del método

FUENTE DE AGUA POTABLE

II.6.1.2.2 Parámetros químicos orgánicos

II.6.1.2.1 Hidrocarburos aromáticos polinucleares

Tabla 18. Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares detectados en Columna Líquida ($\mu\text{g L}^{-1}$) – Resultados de 11 campañas

Hidrocarburo	Estación V	Estación XIII	Estación XXIII
Naftaleno	1,16	-	-
Acenafteno	0,69	-	-
Pireno	-	0,90	0,67
Benzo[a] antraceno	-	1,92	1,18
Benzo[ghi] perileno	2,86	-	-

Estación V: Río Colorado en puente Pata Mora; Estación XIII: 25 de Mayo (Malecón); Estación XXIII: entrada embalse Casa de Piedra.

(-) No detectable

Límite de cuantificación ($\mu\text{g/L}$): $0,20\mu\text{g L}^{-1}$

II.6.1.2.2 Hidrocarburos alifáticos

Tabla 19. Tipos de hidrocarburos alifáticos detectados y rangos de concentración observados – Resultados de 11 campañas

Hidrocarburo	Rango de concentración observado	Número de detección
n-C9	0,27 – 0,40	3
n-C10	-	0
n-C11	0,14 – 3,88	11
n-C12	0,20 – 10,77	6
n-C13	0,23	2
n-C14	0,27 – 0,40	4
n-C15	0,35 – 0,47	2
n-C16	0,16 – 0,52	7
n-C17	0,22 – 0,63	3
n-C18	0,32	1
n-C19	0,43 – 1,11	2
n-C22	0,35	1
n-C26	1,13	1
n-C29	1,07 – 2,14	3
n-C30	0,41 – 8,17	5

Límite de cuantificación ($\mu\text{g/L}$): $0,10\mu\text{g L}^{-1}$

FUENTE DE AGUA POTABLE

H.6.1.2.3 Plaguicidas de uso prohibido

Tabla 20. Plaguicidas de uso prohibido en columna líquida monitoreados durante la campaña agrícola 1997/98 en la estación XIV (Punto Unido)

PLAGUICIDA	Valor guía ($\mu\text{g L}^{-1}$) Salud humana	Valor hallado ($\mu\text{g L}^{-1}$)		Límite de cuantificación (LC) ($\mu\text{g L}^{-1}$)
		mínimo	máximo	
Aldrin	0,03	<LC	<LC	0,003
Dieldrin	0,03	<LC	<LC	0,007
Clordano (isómeros)	0,2	<LC	<LC	0,001
pp'DDT	2 (a)	<LC	0,0290	0,003
op'DDT	(a)	<LC	<LC	0,003
pp'DDE	(a)	<LC	0,00520	0,002
op'DDE	(a)	<LC	<LC	0,002
pp'DDD	(a)	<LC	<LC	0,005
op'DDD	(a)	<LC	<LC	0,003
Disulfoton	(b)	<LC	<LC	0,007
Heptacloro + Heptacloro epóxido	0,03	<LC	<LC	0,005 / 0,004
Hexaclorociclohexano (isómeros)	1	<LC	<LC	0,002 (α, γ) - 0,014 (β)
Endrin	(b)	<LC	<LC	0,002
Etilparation	50	<LC	<LC	0,008
Metilparation	(b)	<LC	<LC	0,053
Monocrotofos	(b)	(c)	(c)	(c)

(a) El valor guía está referido a DDT solo o a la suma de DDT y/o cualquiera de sus metabolitos - (b) no disponible al presente - (c) no informado

FUENTE DE AGUA POTABLE

II.6.1.2.4. Plaguicidas de uso declarado

Tabla 21. Plaguicidas de uso declarado en columna líquida monitoreados durante la campaña agrícola 1997/98 en la estación XIV (Punto Unido) .

Plaguicida	Valor guía ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) Salud humana	Valor hallado ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)		Límite de cuantificación (LC) ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
		mínimo	máximo	
Benomil	(a)	-	-	(b)
Bupirimato	(a)	<LC	<LC	6.25
Captan	(a)	<LC	<LC	0.04
Carbaryl	90	<LC	<LC	0.80
Carbofuran	5	<LC	<LC	1.5
Clorpirifos	90	<LC	trazas ^c	0,025
Deltametrina	(a)	<LC	<LC	0.02
Endosulfan	(a)	<LC	<LC	0.006
Fosmet	(a)	<LC	<LC	0.100
Lambdacihalotrina	(a)	-	-	(b)
Linuron	(a)	<LC	<LC	0.06
Metidation	(a)	<LC	trazas ^c	0.011
Metilazinfos	20	<LC	trazas ^c	0.040
Metildemeton	(a)	<LC	<LC	0.070
Metribuzin	80	<LC	<LC	0.12
Permetrina	20	<LC	<LC	0.03
Pirimicarb	80	<LC	<LC	4.7
Trifuralina	20	<LC	<LC	0,002

(a) no disponible al presente - (b) no informado - (c) concentración inferior al límite de cuantificación. .

II.6.2. Discusión

Los metales y metaloides relevantes para definir la calidad del agua destinada al consumo humano, en sitios donde la misma es captada directa o indirectamente (subálveo) para ese fin, presentaron, casi en su totalidad, concentraciones por debajo del respectivo valor guía a lo largo de todo el período de estudio. Las únicas excepciones las constituyeron una detección de plomo en el pozo filtrante de Rincón de los Sauces (Estación IX), ligeramente por encima del valor guía y detecciones de manganeso superiores al valor guía en las estaciones XIII (malecón 25 de Mayo), XIV (Punto Unido) y XVII (toma de agua Catriel).

Cabe destacar, que los valores guía pueden ser superados transitoriamente sin que esto necesariamente signifique un riesgo para la salud (WHO, 1993).

La presencia de manganeso, principalmente en las fuentes de agua subterránea (subálveo) está asociada a la ocurrencia natural de este elemento en los terrenos aluviales. Constituye un problema puntual, que no está vinculado a su presencia en el río. Las concentraciones de manganeso suelen incrementarse en períodos de bajos caudales, en los cuales las captaciones de agua del subálveo reciben influencia de las napas vecinas.

El manganeso se encuentra en el agua subterránea principalmente en la forma reducida, soluble, oxidándose lentamente por acción del oxígeno, cuando aquélla toma contacto con el aire o rápidamente por acción de oxidantes como el cloro aplicado al agua para su desinfección. El manganeso oxidado, es insoluble y confiere coloración al agua, produce manchas en diversos elementos y forma depósitos en tanques de reserva y cañerías. El exceso de manganeso puede ser corregido mediante distintos tratamientos.

Hubo detecciones de algunos elementos tales como arsénico, cinc, cobre, cromo, molibdeno, plomo y uranio, pero en concentraciones por lo general muy inferiores a los respectivos valores guía. Estos elementos han sido detectados en los sedimentos de fondo, tanto en las fracciones finas como en las gruesas, por lo cual éste podría ser su origen inmediato. La presencia de material particulado en los sedimentos, con contenidos de estos metales y metaloides parece estar asociada a las características geológicas de la cuenca, ya que se los encuentran ampliamente distribuidos, incluidas las estaciones de referencia.

Dado que estos elementos forman parte del conjunto de parámetros relativos a la calidad del agua de bebida, deberán mantenerse sus determinaciones en los futuros programas de monitoreo.

Por lo expuesto, la evaluación de los resultados obtenidos a lo largo de este primer período de estudio indica que los contenidos de metales y metaloides, detectados en las distintas áreas de captación de agua para suministros públicos, no tienen incidencia en su aptitud para dicho uso.

En relación con los hidrocarburos aromáticos polinucleares, la situación general fue de no detección a un nivel de $0,2 \mu\text{g L}^{-1}$ (límite de cuantificación del

método analítico, el cual es muy inferior al valor guía de la Organización Mundial de la Salud, que es de $0,7 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Sólo hubo detecciones muy aisladas de congéneres del grupo, cuyas características los asocian a un origen pirogénico (Colombo et al., 1989, Yunker et al., 1995). Debe atribuirse a la presencia esporádica de estas sustancias la misma significación que la apuntada para el caso de los metales (WHO, 1993).

Por otra parte, los análisis de hidrocarburos alifáticos llevados a cabo a lo largo de este período de estudio, han indicado la presencia de niveles muy bajos, de éstas sustancias, cercanos a los valores de fondo, sugiriendo en todos los casos un origen natural, no ligado a fuentes antrópicas.

Como conclusión, puede establecerse que la calidad del agua para ser utilizada como fuente para suministro público, no se encuentra afectada por la presencia de hidrocarburos aromáticos polinucleares.

Además, el monitoreo de estas sustancias ha indicado que no existe una presencia de los mismos en la columna de agua, atribuible a una contribución de otros compartimentos del ambiente acuático, que podrían contenerlos con carácter residual (sedimentos)

Los plaguicidas de distintas familias que son utilizados actualmente en la práctica agrícola en la región y otros utilizados en el pasado o que pueden tener algún uso clandestino en el presente, fueron monitoreados en el período de la campaña agrícola.

Debido a la experiencia obtenida en otros estudios (Natale et al. 1995), el monitoreo en columna líquida no estuvo dirigido a los sistemas de drenaje que podrían vehicular los agroquímicos aplicados en los diferentes cultivos, sino más bien a un importante sitio de contención y distribución del agua para distintos usos como lo es Punto Unido. El objetivo planteado fue evaluar la presencia de los distintos plaguicidas que pudieran alcanzar el medio acuático, principalmente mediante dispersión aérea desde las zonas de aplicación o por escorrentía superficial. Sin embargo, la estación de monitoreo considerada también, de alguna manera, incluyó el escurrimiento subsuperficial como posible vehículo de estas sustancias, ya que se encuentra ubicada aguas abajo de zonas agrícolas y de la desembocadura de canales de drenaje.

Los resultados obtenidos han mostrado una situación de normalidad al respecto, con la detección muy aislada de vestigios de algunos plaguicidas, en concentraciones inferiores a los valores guía para la protección de la salud humana.

A modo de síntesis puede concluirse que el agua es apta para ser usada como fuente de agua potable en todos los sitios considerados.

II.7. PARAMETROS RELATIVOS AL USO DEL AGUA EN
IRRIGACION

II.7.1. Resultados

IRRIGACION

Tabla 22. ESTACION VIII – Río Colorado (Bocatoma de Riego de Rincón de los Sauces) - Resumen de los valores observados de metales, metaloides y RAS.

	Arsénico ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Berilio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cobalto ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	6,4±3,0	<LC	<LC	<LC	89±13	<LC	8,0±0,8	<LC
L.C.	3-25	2	300	1	30	5	3-5	2-5
valor guía*	100	100	500-6000	5,1	1000-5000	50	200-1000	(III) ^a 4,9 (VI) ^b 8

	Manganeso ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Molibdeno ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Vanadio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Clasificación RAS/cond.
n° muestras	11	11	11	11	11	11	11	12
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	C2-S1
máximo	40±4	11,2±5,6	<LC	<LC	<LC	0,90±0,22	<LC	C3-S1
L.C.	10-100	10	20	5-7	1-2	0,5-3	20	
valor guía*	200	10-50	200	200	20-50	10	100	

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) CCME, 1999b - a y b: estados de oxidación del cromo

IRRIGACION

Tabla 23. ESTACION X – Río Colorado (Octavio Pico) - Resumen de los valores observados de metales, metaloides y RAS.

	Arsénico ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Berilio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cobalto ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	7,2±3,4	<LC	<LC	<LC	84±17	<LC	10±1	<LC
L.C.	3-25	2	300	1	30	5	3-5	2-5
valor guía*	100	100	500-6000	5,1	1000-5000	50	200-1000	(III)^a 4,9 (VI)^b 8

	Manganeso ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Molibdeno ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Niquel ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Vanadio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Clasificación RAS/cond.
n° muestras	11	11	11	10	11	11	11	12
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	C2-S1
máximo	70±7	<LC	<LC	18±2	<LC	1,19±0,49	<LC	C3-S1
L.C.	10-100	10	20	5-7	1-2	0,5-3	20	
valor guía*	200	10-50	200	200	20-50	10	100	

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) CCME, 1999b - a y b: estados de oxidación del cromo

IRRIGACION

Tabla 24. ESTACION XIV – Río Colorado (Punto Unido) – Resumen de los valores observados de metales, metaloides y RAS.

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Berilio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobalto ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	10	11	11	11	11	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	<LC	<LC	<LC	96±12	<LC	6,0±0,6	7,4±2,3
L.C.	3-25	2	300	1	30	5	3-5	2-5
valor guía*	100	100	500-6000	5,1	1000-5000	50	200-1000	(III)^a 4,9 (VI)^b 8

	Manganeso ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Molibdeno ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Vanadio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Clasificación RAS/cond.
n° muestras	11	11	11	10	11	11	11	12
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	C2-S1
máximo	<LC	6,1±3,2	<LC	<LC	<LC	1,06±0,45	<LC	C3-S1
L.C.	10-100	10	20	5-7	1-2	0,5-3	20	
valor guía*	200	10-50	200	200	20-50	10	100	

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) CCME, 1999b - a y b: estados de oxidación del cromo

II.7.2. Discusión

Los parámetros de calidad de aguas evaluados para irrigación han sido metales y metaloides y los iones que intervienen en el cálculo de la relación de absorción de sodio (R.A.S).

En la actualización de 1999 de Canadian Water Quality Guidelines (CCME, 1999b) se ha modificado el valor guía para cromo, discriminándose en sus dos estados de oxidación más comunes en los sistemas acuosos, cromo (III) y cromo (VI). El cromo (III) es poco soluble en el rango de pH de las aguas naturales y tiende a formar hidróxidos insolubles que se separan de la columna líquida por precipitación (CCREM, 1987). En cambio, el cromo (VI) es muy soluble en agua, no tiene una afinidad significativa por el material particulado, por lo tanto no es susceptible a la sedimentación y tiene una alta movilidad (CCREM, 1987).

Por las razones expuestas y dadas las condiciones del sistema en estudio, se estima más adecuado adoptar el valor guía referido a cromo (VI), $8 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. En esas condiciones, el valor máximo observado de cromo ($7,4\pm 2,3$) en la estación XIV (Punto Unido) resulta por debajo del límite o puede excederlo ligeramente, de acuerdo a la incertidumbre que acompaña a la medición.

Los resultados obtenidos en el monitoreo de metales y metaloides en las estaciones consideradas para estos usos, han indicado que la calidad del agua fue apta a lo largo del período de estudio.

La clasificación del agua para riego en función de los valores de RAS y de conductividad registrados en cada una de las campañas, estuvo la mayoría de las veces en la categoría C3-S1 (peligro mediano a alto de salinidad y bajo peligro de alcalinidad) en todas las estaciones monitoreadas. En las tres primeras campañas del Programa, correspondió la categoría C2-S1 (peligro mediano de salinidad y bajo peligro de alcalinidad). Esta es la condición natural del río, no estando vinculada a ningún tipo de descarga.

II.8. PARAMETROS RELATIVOS AL USO EN GANADERIA

GANADERIA

Tabla 25. ESTACION VIII – Bocatoma de Riego de Rincón de los Sauces – Resumen de los valores observados de metales, metaloides e iones

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Berilio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobalto ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	6,4±3,0	<LC	<LC	<LC	89±13	<LC	10±1	<LC
L.C.	3-25	2	300	1	30	5	3-5	2-5
valor guía*	25	100	500	80	50000	1000	500-5000	50

	Molibdeno ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Niquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Vanadio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Sulfato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	Calcio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	10	11	11	11	9	9
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	116	95,8
máximo	11,2±5,6	<LC	18±2	<LC	1,19±0,49	<LC	245,7	112,5
L.C.	10	20	5-7	1-2	0,5-3	20		
valor guía*	500	1000	100	50	200	100	1000	1000

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) CCME, 1999b

GANADERIA

Tabla 26. ESTACION X - Río Colorado (Octavio Pico) - Resumen de valores observados de metales, metaloides e iones.

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Berilio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobalto ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	11	11	11	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	7,2±3,4	<LC	<LC	<LC	84±17	<LC	10±1	<LC
L.C.	3-25	2	300	1	30	5	3-5	2-5
valor guía*	25	100	500	80	50000	1000	500-5000	50

	Molibdeno ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Vanadio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Sulfato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	Calcio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	10	11	11	11	9	9
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	103	79,3
máximo	<LC	<LC	18±2	<LC	1,19±0,49	<LC	241,3	115
L.C.	10	20	5-7	1-2	0,5-3	20	-	-
valor guía*	500	1000	100	50	200	100	1000	1000

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) CCME, 1999b

GANADERIA

Tabla 27. ESTACION XIV – Río Colorado (Punto Unido) – Resumen de valores observados de metales, metaloides e iones.

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Berilio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Boro ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobalto ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	10	11	11	11	11	11	11	11
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	<LC	<LC	<LC	96±12	<LC	6,0±0,6	7,4±2,3
L.C.	3-25	2	300	1	30	5	3-5	2-5
valor guía*	25	100	500	80	50000	1000	500-5000	50

	Molibdeno ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Niquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Uranio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Vanadio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Sulfato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	Calcio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	11	11	10	11	11	11	8	8
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	123	74
máximo	6,1±3,2	<LC	5,0±0,5	<LC	1,06±0,45	<LC	251,6	166
L.C.	10	20	5-7	1-2	0,5-3	20		
valor guía*	500	1000	100	50	200	100	1000	1000

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) CCME, 1999b

II.8.2. Discusión

Con el fin de evaluar la aptitud del agua del río Colorado para su uso en ganadería, se llevó a cabo la medición sistemática de metales, metaloides y de iones (sulfato y calcio) en los sitios donde el agua es utilizada para dicha actividad.

Los resultados obtenidos han indicado que el agua fue apta para este uso a lo largo de todo el período de estudio (CCME, 1999b)

El contenido de sulfato y de calcio, considerado para el uso del agua en ganadería, se mantuvo por debajo de los correspondientes valores guía (CCME, 1999b), resultando por lo tanto el agua también apta en este aspecto.

II.9. PARAMETROS RELATIVOS A LA PROTECCION DE LA
 VIDA ACUATICA

II.9.1. Resultados
VIDA ACUATICA

II.9.1.1 Parámetros inorgánicos

Tabla 28. ESTACION I – Río Grande (Referencia) – Resumen de valores observados de metales y metaloides

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	<LC	<LC	11±1	<LC	<LC	<LC	<LC	7,0±0,7	<LC
L.C.	3-25	1	30	3-5	2-5	1	20	1-2	5-7	1-2
valor guía*	50	1,8	30	4	2	0,1	150	0,1	7	1

Tabla 29. ESTACION II – Río Barrancas (Referencia) – Resumen de valores observados de metales y metaloides

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
L.C.	3-25	1	30	3-5	2-5	1	20	1-2	5-7	1-2
valor guía*	50	1,8	30	4	2	0,1	150	0,1	7	1

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) - CCREM, 1987

VIDA ACUATICA

Tabla 30. ESTACION III - Río Grande - (Campamento Vialidad) - Resumen de valores observados de metales y metaloides

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	11,4±2,4	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	7,0±0,7	<LC
L.C.	3-25	1	30	3-5	2-5	1	20	1-2	5-7	1-2
valor guía*	50	1,8	30	4	2	0,1	150	0,1	7	1

Tabla 31. ESTACION IV - Río Colorado (Buta Ranquil) - Resumen de valores observados de metales y metaloides

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	<LC	<LC	12±1	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
L.C.	3-25	1	30	3-5	2-5	1	20	1-2	5-7	1-2
valor guía*	50	1,8	30	4	2	0,1	150	0,1	7	1

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) - CCREM, 1987

VIDA ACUATICA

Tabla 32. ESTACION V - Río Colorado (Puente Pata Mora) - Resumen de valores observados de metales y metaloides

Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Niquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
9	9	9	9	9	9	9	9	8	9
<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
<LC	<LC	<LC	15±0,9	<LC	<LC	<LC	<LC	10±1	<LC
3-25	1	30	3-5	2-5	1	20	1-2	5-7	1-2
50	1,8	30	4	2	0,1	150	0,1	7	1

n° muestras
mínimo
máximo
L.C.
valor guía*

Tabla 33. ESTACION VIII - Río Colorado (Desfiladero Bayo) - Resumen de valores observados de metales y metaloides

Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Molibdeno ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Niquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
9	9	9	9	9	9	9	9	8	9
<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
<LC	<LC	61,4±8,0	6,0±0,6	<2	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
3-25	1	30	3-5	2-5	10	20	1-2	5-7	1
50	1,8	30	4	2	73	150	0,1	7	1

n° muestras
mínimo
máximo
L.C.
valor guía*

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) - CCREM, 1987

VIDA ACUÁTICA

Tabla 34. ESTACION X – Río Colorado (Ocatvivo Pico) - Resumen de valores observados de metales y metaloides

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	7,2±3,4	<LC	84±17	10±1	<LC	<LC	<LC	<LC	18±2	<LC
L.C.	3-25	1	30	3-5	2-5	1	20	1-2	5-7	1-2
valor guía*	50	1,8	30	4	2	0,1	150	0,1	7	1

Tabla 35. ESTACION XXII – Río Colorado (Pasarela Medanito) - Resumen de valores observados de metales y metaloides

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	5,1±1,9	<LC	38±11	10±1	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
L.C.	3-25	1	30	3-5	2-5	1	20	1-2	5-7	1-2
valor guía*	50	1,8	30	4	2	0,1	150	0,1	7	1

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) - CCREM, 1987

Tabla 36. ESTACION XXIII – Entrada Embalse Casa de Piedra - Resumen de valores observados de metales y metaloides

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	5,0±1,7	<LC	40±12	7,0±0,7	<LC	<LC	<LC	<LC	25±3	<LC
L.C.	3-25	1	30	3-5	2-5	1	20	1-2	5-7	1-2
valor guía*	50	1,8	30	4	2	0,1	150	0,1	7	1

Tabla 37. ESTACION XXIV – Salida Embalse Casa de Piedra - Resumen de valores observados de metales y metaloides

	Arsénico ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cadmio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cinc ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cobre ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Cromo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Mercurio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Níquel ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plata ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Plomo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Selenio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
n° muestras	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9
mínimo	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
máximo	<LC	<LC	317±35	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	5,0±0,5	<LC
L.C.	3-25	1	30	3-5	2-5	1	20	1-2	5-7	1-2
valor guía*	50	1,8	30	4	2	0,1	150	0,1	7	1

L.C.: límite de cuantificación del método - (*) - CCREM, 1987

VIDA ACUÁTICA

II.9.1.2. Parámetros orgánicos

II.9.1.2.1. Plaguicidas de uso prohibido

Tabla 38. Plaguicidas de uso prohibido en columna líquida monitoreados durante la campaña agrícola 1997/98 en la estación XIV (Punto Unido)

Plaguicida	Valor guía ($\mu\text{g L}^{-1}$) Vida acuática	Valor hallado ($\mu\text{g L}^{-1}$)		Límite de cuantificación (LC) ($\mu\text{g L}^{-1}$)
		mínimo	máximo	
Aldrin	0,004	<LC	<LC	0,003
Dieldrin	0,004	<LC	<LC	0,007
Clordano (isómeros)	0,006	<LC	<LC	0,001
pp'DDT	0,001	<LC	0,0290	0,003
op'DDT	0,001	<LC	<LC	0,003
pp'DDE	0,001	<LC	0,00520	0,002
op'DDE	0,001	<LC	<LC	0,002
pp'DDDD	0,001	<LC	<LC	0,005
op'DDDD	0,001	<LC	<LC	0,003
Disulfoton	(a)	<LC	<LC	0,007
Heptacloro + Heptacloro epóxido	0,01	<LC	<LC	0,005 / 0,004
Hexaclorociclohexano (isómeros)	0,01	<LC	<LC	0,002 (α y γ) - 0,014 (β)
Endrin	0,023	<LC	<LC	0,002
Etilparation	0,008	<LC	<LC	0,008
Metilparation	(a)	<LC	<LC	0,053
Monocrotofos	(a)	(b)	(b)	(b)

(a) no disponible al presente - (c) no informado

VIDA ACUÁTICA

II.9.1.2.2 Plaguicidas de uso declarado

Tabla 39. Plaguicidas de uso declarado en columna líquida monitoreados durante la campaña agrícola 1997/98 en la estación XIV (Punto Unido).

Plaguicida	Valor guía ($\mu\text{g L}^{-1}$) Vida acuática	Valor hallado ($\mu\text{g L}^{-1}$)		Límite de cuantificación (LC) ($\mu\text{g L}^{-1}$)
		mínimo	máximo	
Benomil	(a)	(b)	(b)	(b)
Bupirimato	(a)	<LC	<LC	6.25
Captan	2,8	<LC	<LC	0.04
Carbaryl	0,02	<LC	<LC	0,80
Carbofuran	1,75	<LC	<LC	1.5
Deltametrina	(a)	<LC	<LC	0,02
Endosulfan	0,02	<LC	<LC	0.006
Fosmet	0,2	<LC	<LC	0.100
Lambdacihalotrina	(a)	(b)	(b)	(b)
Linuron	7,0	<LC	<LC	0.06
Metidation	(a)	<LC	trazas ^c	0.011
Metilazinfos	0,005	<LC	trazas ^c	0,040
Metildemeton	40	<LC	<LC	0.070
Metribuzin	1,0	<LC	<LC	0.12
Permetrina	(a)	<LC	<LC	0.03
Pirimicarb	(a)	<LC	<LC	4.7
Trifuralina	0,20	<LC	<LC	0,002

(a) no disponible al presente - (b) no informado - (c) concentración inferior al límite de cuantificación.

II.9.2. Discusión

De los resultados obtenidos en el relevamiento de los metales y metaloides en columna líquida, vinculados con la protección de la vida acuática surgen diferentes consideraciones.

No fueron detectados cadmio, cromo, molibdeno, níquel y selenio. Los límites de cuantificación de estos elementos, alcanzados por el laboratorio fueron coincidentes o inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática.

En el caso de mercurio y plata, tampoco fueron detectados o cuantificables, dentro de los límites impuestos por las metodologías analíticas disponibles. El límite de cuantificación más bajo logrado para estos elementos fue de $1 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, siendo el valor guía para la protección de la vida acuática para ambos elementos $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Esta situación, en apariencia contradictoria, de establecer valores guía cuyo cumplimiento no se puede verificar, en algunos casos, por limitaciones de la metodología analítica, tiene su explicación en el hecho que la derivación de valores guía para la vida acuática tiene como punto de partida los datos provenientes de ensayos toxicológicos realizados con distintas especies de seres vivos, independientemente que exista o no la metodología analítica capaz de medir las concentraciones que resulten en definitiva (CCREM, Appéndice IX, 1991).

Las mediciones de arsénico, cinc, cobre y plomo indicaron que en algunas oportunidades fueron excedidos los respectivos valores guía. Cabe destacar que para los tres últimos, pueden tolerarse concentraciones mayores a medida que la dureza del agua aumenta como en el caso del río Colorado ($280 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Los valores más elevados establecidos en Canadian Water Quality Guidelines son para durezas menores de $180 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

En cuanto al origen del arsénico, cinc, cobre y plomo, detectados en la columna líquida, el análisis de los sedimentos de fondo (ver Capítulo IV de este informe) ha revelado la presencia de éstos elementos en las fracciones finas ($<63\mu\text{m}$) y en las gruesas ($>63\mu\text{m}-<2\text{mm}$), en rangos de concentración comparables entre las estaciones de referencia y las correspondientes a áreas con influencia antrópica. Por lo tanto, se infiere que el origen es natural y posiblemente vinculado a las características geológicas de la cuenca.

No obstante, se pudo apreciar un enriquecimiento de cobre en la fracción fina de los cinco primeros centímetros de los sedimentos superficiales en la estación VI (zona integrada de las ex-descargas de agua de purga de Ormas, Puesto Hernández y pasarela Desfiladero Bayo), el cual se corresponde con un enriquecimiento similar en la entrada del embalse Casa de Piedra (estación XXIII) en el mismo estrato y en la misma fracción. La fracción fina ($<63\mu\text{m}$) es la fracción de transporte. Esta situación puntual parece estar vinculada a un origen antropogénico del cobre.

La evaluación de plaguicidas de distintas familias en la columna de agua durante la campaña agrícola, en relación con la protección de la vida acuática, permite concluir que no existe un deterioro de la calidad del recurso en este aspecto, habida cuenta de la no detección de este tipo de sustancias durante el período considerado.

Similares consideraciones pueden hacerse con respecto a los hidrocarburos aromáticos polinucleares, los cuales no fueron detectados al nivel de concentración adoptado como límite en el Programa ($0,2 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, US-EPA, 1993).

A los fines de salvar las limitaciones analíticas referidas anteriormente se ha proyectado incorporar en la próxima etapa la realización de ensayos de ecotoxicidad.

II.10. EVALUACION PRELIMINAR DE LAS CARGAS DE
NUTRIENTES AL EMBALSE CASA DE PIEDRA

II.10.1. Introducción

Uno de los objetivos del Programa fue realizar una evaluación preliminar de las cargas de nutrientes al embalse Casa de Piedra, provenientes de fuentes puntuales, tales como las aguas residuales urbanas y los canales de drenaje agrícola que descargan en el río Colorado.

El embalse Casa de Piedra, recibe aportes no conocidos de nutrientes, desde otras fuentes difusas tales como la escorrentía superficial, la precipitación atmosférica y posiblemente desde los sedimentos acumulados en su fondo (carga interna). Reviste gran importancia considerar la significación de estas fuentes para elaborar pronósticos de la evolución del estado trófico del embalse. Sin embargo, en términos de gestión de la cuenca, estas son fuentes que no pueden ser controladas, a excepción, quizás, de los sedimentos de fondo, para los cuales podría evaluarse la factibilidad técnica y económica de removerlos, en casos extremos, si éstos se revelaran como una fuente importante y activa de suministro de nutrientes a la columna de agua.

Las fuentes consideradas en esta etapa, son las que permiten algún tipo de control de las cargas de nutrientes.

Si bien, existe el concepto de la limitación por nutrientes al desarrollo algal, que conduce a actuar sobre el nutriente (fósforo o nitrógeno) que está en defecto, con el fin de retardar el proceso de eutroficación, hay razones de orden práctico (OECD, 1968) que aconsejan concentrar los esfuerzos en el fósforo (aunque este no fuera el nutriente limitante), dado que es más fácil, desde el punto de vista técnico y económico, su remoción y, además, porque el nitrógeno tiene en la atmósfera una importante fuente de suministro, la cual no puede ser controlada. Existen algas que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en ausencia de nitrógeno biodisponible disuelto.

Por lo tanto, adoptando este criterio, en la presente evaluación, se pondrá énfasis en el fósforo como nutriente a ser controlado en el futuro.

El pronóstico de la posible evolución del estado trófico del embalse Casa de Piedra, en función de las cargas de fósforo que recibe, es de primordial importancia, ya que la eutroficación, en un grado avanzado, produciría un gran impacto sobre la calidad del agua, en el embalse mismo y aguas abajo, el cual traería aparejado múltiples inconvenientes en relación con los usos como fuente de agua potable, recreativo, en ganadería y en la explotación comercial de la fauna íctica.

II.10.2. Investigación de nutrientes en fuentes puntuales

En la presente etapa del Programa se evaluó el contenido de fósforo y de nitrógeno en descargas urbanas y canales de drenaje que desaguan en el río Colorado.

II.10.2.1. Metodología de muestreo y análisis – Laboratorio actuante

Las muestras para la investigación de nutrientes en sus distintas formas fueron extraídas mensualmente en las estaciones que figuran en la Tabla 1. Las condiciones de envasado, preservación y tiempos máximos de almacenamiento de las muestras para cada nutriente fueron las especificadas anteriormente (Tabla 8, Sección II.4.1).

Tabla 1. Estaciones de monitoreo de las fuentes puntuales de nutrientes.

Estación N°	Sitio
XI	canal de drenaje Valle Verde
XII	canal de drenaje Peñas Blancas
XV	canal de drenaje-descarga cloacal de 25 de Mayo (dren del Oeste)
XVI	canal de drenaje de 25 de Mayo (dren del Este)
XIX	descarga cloacal de Catriel
XX	canal de drenaje Catriel

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio del Grupo de Estudios en Calidad de Aguas y Recursos Acuáticos del Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB) de la Universidad Nacional del Comahue, de acuerdo a la metodología detallada a continuación.

Fósforo total: digestión con persulfato de potasio y ácido sulfúrico y posterior reducción del complejo fosfomolibdico con ácido ascórbico.

Nitrógeno total: digestión básica con hidróxido de sodio, persulfato de potasio y ácido oxálico; reducción en columna de cadmio y posterior diazotización.

Amonio: método espectrofotométrico del azul de indofenol.

Nitrito: diazotización.

Nitrato: reducción en columna de cadmio y medición del nitrito formado por diazotización.

II.10.3. Resultados

La Tabla 2 muestra las concentraciones promedio de fósforo total y nitrógeno total (12 campañas) en las distintas descargas investigadas.

En función de los caudales de dichas descargas se han calculado las cargas anuales de fósforo y nitrógeno aportadas por cada una de ellas y las cargas anuales totales (Tabla 2).

Puede observarse que la carga anual total de fósforo supera las 12 toneladas y la de nitrógeno es cercana a las 60 toneladas. El fósforo y el nitrógeno de origen cloacal representan alrededor del 50% y del 63% del total de las respectivas cargas (asumiendo que la descarga cloacal vertida en el dren del Oeste aporta una masa de nutrientes similar a la del dren del Este).

En los canales de drenaje la forma de nitrógeno inorgánico predominante fue el nitrato seguido por el amonio, mientras que en la descarga cloacal de Catriel y en el canal receptor de la descarga de 25 de Mayo (dren del Oeste), el amonio presentó concentraciones muy superiores a las de nitrato.

Tabla 2. Cargas de nutrientes al embalse Casa de Piedra provenientes de fuentes puntuales urbanas y agrícolas.

Estación N°	Descarga	Caudal (m ³ s ⁻¹)	Fósforo total (µg L ⁻¹)	Carga anual de fósforo (ton año ⁻¹)	Nitrógeno total (µg L ⁻¹)	Carga anual de nitrógeno (ton año ⁻¹)
XI	canal de drenaje Valle Verde	0,175	35,5	0,20	720	4,0
XII	canal de drenaje Peñas Blancas	0,30	173,5	1,64	585,6	5,5
XV	canal de drenaje-descarga cloacal 25 de Mayo (dren del Oeste)	0,19	359	2,2	3172	19,0
XVI	canal de drenaje 25 de Mayo (dren del Este)	0,655	42,3	0,87	466	9,6
XIX	descarga cloacal Catriel	0,017	9000 ^a	4,8	19858 ^b	10,6
XX	canal de drenaje Catriel	0,25	379,6	3,0	933,6	7,4
Total				12,7		56,1

a: valor de muestra compensada obtenido en la planta depuradora - b: medido en el canal de descarga al río

II.10.4. Discusión

Completar el diagnóstico del estado trófico del embalse Casa de Piedra y efectuar predicciones de su futura evolución implica disponer de información sobre valores medios de los parámetros indicadores (fósforo total, clorofila *a* y transparencia) en dicho cuerpo de agua e incluir otras fuentes de nutrientes, tales como la escorrentía superficial en la cuenca, la precipitación atmosférica y la carga interna.

Dicha información, permitirá la aplicación preliminar de modelos predictivos de estado trófico (Dillon & Rigler, 1974, OECD, 1982) y de correlaciones observadas en estudios realizados en lagos y embalses de nuestro país (Quirós, 1988; Baigun & Marinone, 1995), ya que es cada vez más generalizado el consenso en relación con el hecho que los modelos desarrollados en el hemisferio norte no se ajustan bien a los cuerpos de agua del hemisferio sur (Baigun & Marinone, 1995).

La evaluación de las cargas de nutrientes provenientes de fuentes agrícolas y urbanas, realizada en el curso de la presente etapa, aporta una importante información ya que, una vez identificado el modelo o correlación que resulte adecuado a las condiciones del embalse Casa de Piedra, podrá establecerse la significación de dichas fuentes en su estado trófico y dicho modelo constituirá una valiosa herramienta para la gestión de las descargas de nutrientes en la cuenca.

II.11. EVALUACION DE PARAMETROS INDICADORES DE LA
INFLUENCIA DE LAS DESCARGAS DE LIQUIDOS CLOACALES EN
CUERPOS RECEPTORES

II.11.1. Introducción

En el curso de la presente etapa del Programa se han evaluado los efectos de las dos descargas cloacales existentes en el área de estudio sobre los cuerpos receptores.

Los parámetros seleccionados para evaluar la influencia de estas descargas han sido materia orgánica, bacterias y nutrientes en columna líquida y metales pesados, metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares en sedimentos de fondo de los mencionados cuerpos receptores.

En la presente sección se muestran los resultados obtenidos en las mediciones de materia orgánica (DBO_5 y D.Q.O) y parámetros bacteriológicos.

Los resultados de la evaluación de nutrientes ya han sido tratados en el capítulo II, sección 10, en relación con la evaluación preliminar de las cargas al embalse Casa de Piedra.

La investigación de metales, metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares en sedimentos de fondo de los cuerpos receptores han sido descritos en el capítulo correspondiente a esta matriz (capítulo 4).

Los sistemas cloacales de 25 de Mayo y Catriel descargan sus efluentes en el dren del Oeste y en el río Colorado respectivamente.

En Catriel, el sitio de muestreo está ubicado en el punto de descarga en un brazo del río, del canal proveniente de la planta depuradora de líquidos cloacales. El correspondiente a 25 de Mayo, está situado en el dren del Oeste, receptor de los efluentes cloacales.

II.11.2. Resultados

La Tabla 1 muestra los valores de materia orgánica y bacterias coliformes termotolerantes observados en ambas estaciones.

Los valores de DBO_5 y DQO registrados en la estación XV (dren del Oeste) son muy inferiores a los de un líquido cloacal crudo, mientras que los correspondientes a la estación XIX son similares a los de un líquido diluido.

Con respecto a los metales pesados y metaloides, se han observado en la estación XV (capítulo IV, sección IV.2, Tabla 12), dren del Oeste de 25 de Mayo, concentraciones comparables a las observadas en el río, a excepción del cobre, el cual presentó valores elevados, similares a los observados en la estación VI (zona integrada de ex-descargas de agua de purga).

Tabla 1. Materia orgánica y bacterias coliformes termotolerantes en cuerpos receptores que reciben efluentes cloacales.

Estación N°	Sitio	D.B.O. ₅ (mg·L ⁻¹)	D.Q.O. (mg·L ⁻¹)	Bacterias coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	Detergentes (mg·L ⁻¹)
XV	Dren del Oeste (25 de Mayo)	12,7	58,6	$3,5 \times 10^2 - 2,4 \times 10^6$	0,9
XIX	Descarga cloacal Catriel	187,2	565,6	$2,0 \times 10^5 - 9,3 \times 10^8$	14,2

En el sitio del vuelco del efluente de la planta depuradora de líquidos cloacales de Catriel (capítulo IV, sección IV.2, Tabla 13), se observaron concentraciones de metales y metaloides similares a las de la estación XV, si bien, en la primera, las concentraciones de cobre fueron menores.

En ambas descargas cloacales fueron observados hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs), en concentraciones del mismo orden que las observadas en las estaciones ubicadas en el río (capítulo IV, sección IV.3.3, Tabla 17). En la descarga cloacal de 25 de Mayo, los HAPs detectados fueron fenantreno y benzo(a)antraceno, mientras que en la descarga cloacal de Catriel se observó únicamente acenafteno.

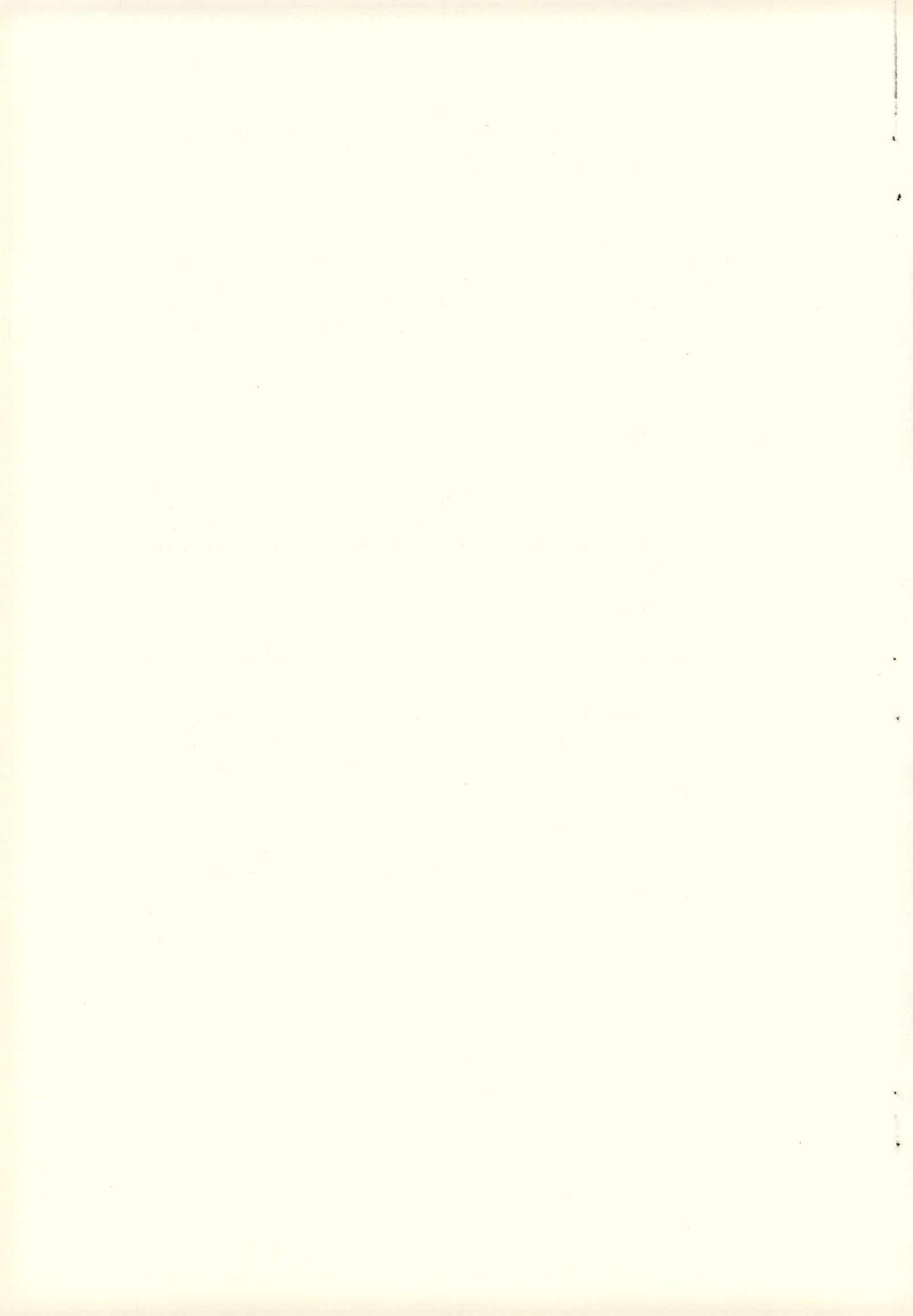
II.11.3. Discusión

De acuerdo a los valores de DBO observados en ambas descargas y teniendo en cuenta los caudales de la mismas, no son de esperar efectos apreciables en la calidad del agua del río Colorado, en lo que a su contenido de oxígeno disuelto se refiere.

Los análisis de sedimentos de fondo han mostrado en ambos casos una situación similar en lo referido a concentraciones de metales, metaloides e hidrocarburos, que no difiere marcadamente de lo observado en distintos sitios del río Colorado.

El cobre presentó valores elevados, particularmente en la estación XV (dren del Oeste), comparables a los observados en la estación VI (zona integrada de ex-descargas de agua de purga). Las altas concentraciones detectadas de este metal podrían tener su origen en sistemas de agua domiciliarios.

Se hallaron concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares del mismo orden que las observadas en otros lugares con algunas diferencias en lo congéneres identificados. El probable origen de estos hidrocarburos presentes en las descargas cloacales es la combustión (Yunker, & Macdonald, 1995).



III. INVESTIGACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN TEJIDOS DE PECES DEL SISTEMA RIO COLORADO - EMBALSE CASA DE PIEDRA

*RICARDO ALCALDE
MARÍA INÉS GIL*



**COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO
SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN
GRUPO INTEREMPRESARIO**

III.1. INTRODUCCION

En el diseño del Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema del Río Colorado-Embalse Casa de Piedra y de las Fuentes de Descarga al Río se planteó la realización de un relevamiento con fines de diagnóstico de la situación presente del río Colorado como resultado de los episodios esporádicos de contaminación que han tenido lugar (Alcalde et al., 1997). Estos episodios han estado vinculados con las diversas actividades que se desarrollan en la cuenca: extracción de hidrocarburos, explotación agrícola y a la presencia de poblaciones cuyos efluentes son vertidos en el río.

El diagnóstico proyectado estuvo dirigido principalmente a aquellos compartimentos del ambiente acuático, tales como los sedimentos de fondo y la biota acuática que pueden reflejar episodios de contaminación en el pasado y, a la vez, actuar como fuentes internas de reciclado de sustancias tóxicas y constituir, como en el caso de los peces, otra posible vía de exposición para el organismo humano.

Para los fines expuestos, se planificó un relevamiento de la presencia de sustancias tóxicas en peces que podrían haber sido incorporadas al ambiente acuático como consecuencia de las actividades antes señaladas. Las sustancias relevadas fueron: metales pesados y metaloides, hidrocarburos aromáticos polinucleares y plaguicidas organoclorados.

Conforme a lo establecido en el programa se efectuó un muestreo de peces en el área de estudio con el fin de determinar el contenido de metales y metaloides y de hidrocarburos aromáticos polinucleares en músculo en las distintas especies capturadas.

III.2. INVESTIGACION DE METALES PESADOS Y METALOIDES EN MÚSCULO DE PECES

III.2.1. Metodología de muestreo

Se obtuvieron ejemplares de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), perca (*Percichthys sp.*), carpa común (*Cyprinus carpio*) y pejerrey (*Odontheistes bonariensis*), con redes de arrastre y redes de enmalle de diferentes tamaños de malla (Tabla 1). Las capturas en general fueron escasas, variando la edad de los ejemplares obtenidos de una especie a otra (juveniles de pejerrey y perca de alrededor de un año, ejemplares de aproximadamente dos años de trucha arco iris y de cuatro años de carpa) constatándose que los mismos presentaban un aspecto normal y no evidenciándose la presencia de ectoparásitos. Los ejemplares fueron enjuagados con el agua del lugar, colocados en bolsas de polietileno, rotulados y dispuestos en conservadoras con hielo seco (-22° C) y remitidos en estado de congelación a los respectivos laboratorios.

Tabla 1. Peces capturados en los ríos Grande, Barrancas y Colorado y en el embalse Casa de Piedra

Nombre vulgar	Nombre científico	Alimentación (del Valle, A.E. y Nuñez, P. 1990; Gilbert et al. 1995)	Porcentaje de humedad en músculo
Trucha arco iris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Carnívoro	76.4
Perca	<i>Percichthys sp.</i>	Carnívoro	76.6
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	Omnívoro	80.6
Pejerrey	<i>Odontheistes bonariensis</i>	Planctívoros (los más pequeños) Omnívoros (adultos)	74.5

III.2.2. Análisis de metales pesados y metaloides – Laboratorios actuantes

Para el análisis de metales/metaloides, los ejemplares fueron disecados mediante un elemento cortante de titanio, extrayéndoseles el músculo dorsal, por encima de la línea lateral y por detrás de la aleta pectoral. El resto del material empleado en la preparación de los cortes de músculo era de teflón o polietileno, evitándose en todo momento el contacto con elementos metálicos (a excepción del titanio, elemento que no figura en la lista de metales y metaloides analizados). Dada la escasa masa muscular de los ejemplares juveniles, se realizó un *pool* con los músculos de 10 a 15 individuos de la misma especie y del mismo sitio. Las muestras fueron secadas mediante liofilización. Junto con el lote de muestras fue procesado de idéntica manera un material de referencia certificado (DORM-2, NRC, Canadá), constituido por músculo de “dogfish” (*Squalus acanthias*), cuya composición y valores certificados de elementos traza figuran en la Tabla 2 del presente informe.

Las determinaciones de antimonio, arsénico, cinc, cobalto, cromo, hierro, mercurio, molibdeno, níquel, plata, selenio y uranio fueron realizadas mediante análisis por activación neutrónica instrumental en el Centro Atómico Bariloche. Cadmio, plomo, cobre y aluminio fueron analizados por espectrometría de absorción atómica en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Nacional de La Plata.

III.2.2.1. Control de calidad analítica

En la Tabla 2 figuran los valores certificados y los obtenidos analíticamente del material de referencia utilizado, como asimismo los porcentajes de recuperación.

Tabla 2. Control de calidad analítica (porcentaje de recuperación) con material de referencia certificado (DORM-2, NRC, Canadá)

Metal/metaloide	Unidad (peso seco)	Material de referencia certificado		Recuperación (%)
		Valor certificado	Valor hallado	
Aluminio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	10.9 \pm 1.7	-	-
Antimonio	$\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$	-	28.9 \pm 7.1	-
Arsénico	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	18.0 \pm 1.1	13.9 \pm 2.0	77.2
Cadmio (*)	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0,043 \pm 0,008	<0,39	-
Cinc	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	25.6 \pm 2.3	23.9 \pm 1.4	93.4
Cobalto	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0.182 \pm 0.031	0.269 \pm 0.019	147.8
Cobre (*)	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	2,34 \pm 0,16	1,8	76,9
Cromo	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	34.7 \pm 5.5	33.7 \pm 2.0	97.1
Hierro	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	142 \pm 10	150 \pm 18	105.6
Mercurio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	4.64 \pm 0.26	4.00 \pm 0.47	86.2
Molibdeno	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	-	<1	-
Níquel	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	19.4 \pm 3.1	17.6 \pm 1.2	90.7
Plata	$\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$	41 \pm 13	31 \pm 12	75.6
Plomo (*)	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0,065 \pm 0,007	<1,4	-
Selenio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	1.40 \pm 0.09	1.42 \pm 0.13	101.4
Uranio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	-	<0.1	-

(*) analizados por espectrometría de absorción atómica.

III.2.3. Resultados

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en el análisis por activación neutrónica y por absorción atómica.

Dados los escasos ejemplares obtenidos de algunas especies, en algunos casos solamente un individuo, la descripción de los resultados obtenidos que se hace a continuación no pueden robustecerse con un análisis de la significación estadística de las diferencias observadas en las concentraciones, por especie, por edad (o tamaño) y por sitio.

- 1 El cromo presentó en Desfiladero Bayo, una concentración elevada en pejerrey ($1.59 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, p.h) con respecto a individuos de la misma especie y tamaño capturados en las restantes estaciones.
- 2 En las estaciones de referencia (río Barrancas y río Grande) en las tres especies capturadas se observaron concentraciones de mercurio superiores a $0.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, p.h.. Las especies predatoras (trucha y perca) presentaron valores más elevados que los ejemplares de pejerrey, los cuales, en el estadio capturado, ocupan un nivel inferior en la cadena trófica (planctívoros).
- 3 Las concentraciones de mercurio más elevadas fueron observadas en pejerreyes capturados en el río Colorado, a la altura de Buta Ranquil ($1.61 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, p.h.) y Desfiladero Bayo ($4.05 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, p.h.). En este caso los ejemplares de pejerrey, más jóvenes y pertenecientes a un nivel trófico

inferior, presentaron, contrariamente a lo esperado, concentraciones más altas que las percas de esos sitios.

- 4 En la entrada del embalse hubo una única captura de carpa (predador), especie que presentó concentraciones de mercurio inferiores a las detectadas en pejerrey. Estas últimas fueron intermedias entre las observadas en el río Barrancas y en el río Colorado a la altura de Buta Ranquil.
- 5 El contenido de selenio resultó ligeramente superior al valor límite ($0.3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, p.h.) en todas las estaciones muestreadas, a excepción de las percas capturadas en el río Barrancas, las cuales presentaron el valor más elevado ($1.17\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).
- 6 Las concentraciones observadas de antimonio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, níquel, plata y plomo resultaron muy inferiores a los respectivos límites para consumo humano.

No se han establecido, en la legislación, límites para cobalto, cromo, molibdeno y uranio.

III.2.4. Discusión

Del listado de metales y metaloides analizados, para los cuales se han establecido límites (Ley Federal de Carnes, N° 4238/68, Cap. 23, Resolución SENASA N° 533 del 10-05-94, Productos de la Pesca, "Tolerancia en el tenor de diversas sustancias") se observaron valores excedidos para mercurio y selenio en todas las estaciones muestreadas, incluidas las de referencia (I y II). Los restantes metales y metaloides arrojaron valores muy inferiores a dichos límites. No se han establecido límites para cobalto, cromo, molibdeno y uranio.

Cabe destacar que el límite para mercurio en músculo de peces para consumo humano fijado por SENASA, $0.05 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ p.h., contrasta con el establecido por las legislaciones de otros países, los cuales en su gran mayoría han adoptado $0.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, p.h. (Brasil, Canadá, Australia, E.E.U.U., etc.). El límite de SENASA es a nuestro criterio extremadamente bajo y determinaría que la mayoría de los peces de zonas libres de contaminación, tanto de mar como de agua dulce, que en forma natural contienen mercurio en su tejido muscular en concentraciones superiores a $0.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, (Brooks, 1977) resultarían no aptos para el consumo humano. A través de una consulta efectuada al Departamento Pesca de SENASA se nos ha informado que el mencionado límite ($0.05 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) se encuentra bajo revisión y que probablemente sea modificado en una próxima actualización de la reglamentación.

Tabla 3. Contenido de metales y metaloides en músculo de peces (en base a peso húmedo) determinado por Activación Neutrónica y Absorción Atómica.

METAL/ METALOIDE	UNIDAD	LIMITE SENASA (p.h.)	ESTACIONES											
			I		III		IV		VI		XXIII		XXIII	
			trucha	perca	perca	pejerrey	perca	pejerrey	perca	pejerrey	perca	pejerrey	carpa	pejerrey
ANTIMONIO	ng g ⁻¹	20000	<6,89	<4,68	<10,20	<4,68	<2,55	<2,34	<5,10	<3,88	<2,55	<2,55	<2,55	
ARSENICO	µg g ⁻¹	1	<0,04	0,06	<0,05	0,13	0,04	0,07	0,07	0,02	0,03	0,03	0,03	
CADMIO (*)	µg g ⁻¹	5	<0,37	<0,35	-	<0,37	-	-	-	<0,93	<0,87	<0,87	<0,87	
CINC	µg g ⁻¹	100	0,16	5,74	5,53	5,43	6,56	4,82	6,96	7,06	5,53	5,53	5,53	
COBALTO	µg g ⁻¹	-	3,97	0,03	<0,02	0,04	0,06	0,03	0,20	0,01	0,73	0,73	0,73	
COBRE (*)	µg g ⁻¹	10	1,14	1,02	-	0,61	-	-	-	3,3	1,6	1,6	1,6	
CROMO	µg g ⁻¹	-	0,15	0,05	<0,25	0,09	0,18	0,04	1,59	<0,19	0,52	0,52	0,52	
HIERRO	µg g ⁻¹	500	13,37	3,23	<7,65	14,75	22,19	2,39	22,52	21,16	28,32	28,32	28,32	
MERCURIO	µg g ⁻¹	0,05	1,44	1,34	0,67	1,35	1,61	0,75	4,05	0,87	1,23	1,23	1,23	
MOLIBDENO	µg g ⁻¹	-	<0,23	<0,47	<0,51	<0,23	<0,20	<0,23	<0,25	<0,19	<0,25	<0,25	<0,25	
NIQUEL	µg g ⁻¹	150	<0,91	<0,70	<1,53	<1,17	<0,76	<0,47	0,79	<0,78	<1,27	<1,27	<1,27	
PLATA	ng g ⁻¹	1000	<29,88	<18,73	<40,81	<35,13	<20,41	<14,05	<20,41	<25,24	40,31	40,31	40,31	
PLOMO (*)	µg g ⁻¹	20	<1,4	<1,3	-	<1,4	-	-	-	<3,4	<3,2	<3,2	<3,2	
SELENIO	µg g ⁻¹	0,3	0,48	1,17	0,50	0,72	0,52	0,95	0,65	0,56	0,70	0,70	0,70	
URANIO	µg g ⁻¹	-	<0,04	<0,05	<0,02	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	

I - Estación de referencia río Grande; III - Estación de referencia río Barrancas; IV - río Colorado en Buta Ranquil; VI - río Colorado en Desfiladero Bayo; XXIII - Cola embalse Casa de Piedra - P.H.:
 Peso húmedo - (*) elementos determinados por espectrometría de absorción atómica. (-) no determinado.

Los elementos disponibles al presente no permiten inferir acerca de la fuente del mercurio detectado en el tejido muscular de la totalidad de los peces analizados. Se han observado valores por encima del límite aún en las estaciones de referencia lo cual puede significar que existan concentraciones elevadas de mercurio en el área, no vinculadas a fuentes puntuales. Este hecho ha sido observado en otros sitios, particularmente en lagos de zonas remotas del hemisferio norte (Brooks, 1977; Gerstenberger et al. 1993; Bodaly et al. 1993), en los cuales, en ausencia de descargas contaminantes, los peces presentan elevados contenidos de mercurio en sus tejidos (si bien en estos cuerpos de agua las condiciones de acumulación del mercurio y su transformación en los sedimentos de fondo pueden diferir de las que prevalecen en los ríos). Este fenómeno ha sido vinculado al transporte atmosférico global del mercurio proveniente de fuentes naturales y antropogénicas (Slemr & Langer 1992, citado por Montgomery et al. 1995; Rognerud & Fjeld 1993; Lucotte et al. 1995, Jackson, 1997, Schroeder & Munthe, 1998), el cual es luego depositado, por precipitación seca y húmeda, en los suelos (Stein et al. 1996, Allan, 1997, Schroeder & Munthe, 1998) Una gran proporción del mercurio hallado en los sistemas acuáticos naturales proviene de los suelos de la cuenca y es transportado hacia aquéllos a través de la escorrentía superficial.

No obstante, no puede descartarse que los altos valores observados en las estaciones de referencia se deban a la movilidad de los peces (Hildebrand et al. 1976), la cual determinaría que los mismos pasen parte del tiempo en zonas del río en las cuales los sedimentos de fondo tendrían concentraciones elevadas de mercurio provenientes de fuentes antropogénicas. En esos sitios, además, deberían tener lugar procesos de metilación del mercurio, principalmente microbianos anaerobios (Compeau & Bartha 1985, citados por Choi & Bartha, 1993 y Choi et al. 1994) para que éste estuviera biodisponible e ingresara a las cadenas tróficas por medio de los alimentos o directamente a los peces, por medio de la respiración, a través de las branquias y por absorción por los tegumentos (Roesijadi and Robinson, 1993). Los valores más elevados en las concentraciones de mercurio, observados en Buta Ranquil y Desfiladero Bayo, área intermedia entre las estaciones de referencia y el embalse, podrían dar sustento a esta hipótesis. Aunque en el caso específico del embalse podrían haber actuado otras fuentes más próximas a éste e incluso el mismo embalse, a través de las áreas inundadas (Grondin et al. 1995), si bien en este caso se trata de tipos diferentes de cubierta vegetal y de suelos.

De cualquier manera sea cual fuere el origen de las concentraciones de mercurio detectadas en el tejido muscular de los peces, el hecho es que las mismas superan el límite permitido para consumo humano sin restricciones (Tabla 3), tanto el vigente en nuestro país (SENASA, 1994) como el establecido por las legislaciones de otros países. Esta situación, si bien constituye un motivo de advertencia, debe ser analizada en el contexto de los hábitos alimentarios de la población en relación con el consumo habitual de pescado.

Si bien debe ser confirmado el contenido de mercurio detectado en músculo de peces en este muestreo, cuya captura fue escasa, inferior al número mínimo de 20 ejemplares de la misma talla por especie, indicado para elaborar

Table 4-9 Monthly Consumption Limits for Chronic Systemic Health Endpoints for Women of Reproductive Age – Methylmercury (IRIS RfD)

Chemical Concentration In Fish Tissue ^a (mg/kg or ppm)	Recommended Risk – Based Consumption Limit (meals per month) ^b			
	4-oz Meal Size (0.114 kg)	8-oz Meal Size (0.227 kg)	12-oz Meal Size (0.341 kg)	16-oz Meal Size (0.454 kg)
<0.02	>30	>30	>30	>30
0.02	>30	>30	>30	23
0.03	>30	>30	20	15
0.04	>30	23	15	11
0.05	>30	18	12	9
0.06	>30	15	10	7
0.07	26	13	8	6
0.08	23	11	7	5
0.09	20	10	6	5
0.1	18	9	6	4
0.2	9	4	3	2
0.3	6	3	2	1
0.4	4	2	1	1
0.5	3	1	1	6/yr
0.6	3	1	1	6/yr
0.7	2	1	6/yr	6/yr
0.8	2	1	6/yr	6/yr
0.9	2	1	6/yr	6/yr
1	1	6/yr	6/yr	NONE
2	6/yr	NONE	NONE	NONE
3	6/yr	NONE	NONE	NONE
>3	NONE	NONE	NONE	NONE

NONE = No consumption recommended

6/yr = Consumption of no more than 6 meals per year is recommended.

>30 = Although consumption of more than 30 meals/month is allowed, EPA advises limiting consumption to 30 meals in 1 month (1 meal per day).

^a Instructions for modifying the variables in this table are found in Section 3.3.

Consumption limits are calculated based on an adult body weight of 70 kg and using RfD=1x10⁻⁴ mg/kg/d. References for RfDs are found in Section 5.

The detection limit is 1x10⁻³ mg/kg.

All values were rounded down to the nearest whole meal size.

^b Monthly limits are based on the total dose allowable over a 1-month period (based on the RfD).

When this dose is consumed in less than 1 month (e.g., in a few large meals), the daily dose will exceed the RfD (see Section 2.3).

Table 4-10 Monthly Consumption Limits for Chronic Systemic Health Endpoints for Children – Methylmercury (IRIS RfD)

Chemical Concentration In Fish Tissue ^a (mg/kg or ppm)	Recommended Risk – Based Consumption Limit (meals per month) ^b			
	4-oz Meal Size (0.114 kg)	8-oz Meal Size (0.227 kg)	12-oz Meal Size (0.341 kg)	16-oz Meal Size (0.454 kg)
<0.005	>30	>30	>30	>30
0.005	>30	>30	>30	25
0.006	>30	>30	>30	21
0.007	>30	>30	27	18
0.008	>30	>30	24	16
0.009	>30	>30	21	14
0.01	>30	>30	19	12
0.02	25	19	9	6
0.03	17	12	6	4
0.04	12	9	4	3
0.05	10	7	3	2
0.06	8	6	3	2
0.07	7	5	2	1
0.08	6	4	2	1
0.09	5	4	2	1
0.1	5	3	1	1
0.2	2	1	6/yr	6/yr
0.3	1	1	6/yr	NONE
0.4	1	6/yr	NONE	NONE
0.5	1	6/yr	NONE	NONE
0.6	6/yr	6/yr	NONE	NONE
0.7	6/yr	6/yr	NONE	NONE
0.8	6/yr	NONE	NONE	NONE
0.9	6/yr	NONE	NONE	NONE
1	6/yr	NONE	NONE	NONE
>1	NONE	NONE	NONE	NONE

NONE = No consumption recommended

6/yr = Consumption of no more than 6 meals per year is recommended.

>30 = Although consumption of more than 30 meals/month is allowed, EPA advises limiting consumption to 30 meals in 1 month (1 meal per day).

^a Instructions for modifying the variables in this table are found in Section 3.3.

Consumption limits are calculated based on an adult body weight of 14.5 kg and using RfD=1x10⁻⁴ mg/kg/d.

References for RfDs are found in Section 5.

The detection limit is 1x10⁻³ mg/kg.

All values were rounded down to the nearest whole meal size.

^b Monthly limits are based on the total dose allowable over a 1-month period (based on the RfD).

When this dose is consumed in less than 1 month (e.g., in a few large meals), the daily dose will exceed the RfD (see Section 2.3).

Table 4-11 Monthly Consumption Limits for Chronic Systemic Health Endpoints for the General Population – Selenium

Chemical Concentration In Fish Tissue ^a (mg/kg or ppm)	Recommended Risk – Based Consumption Limit (meals per month) ^b			
	4-oz Meal Size (0.114 kg)	8-oz Meal Size (0.227 kg)	12-oz Meal Size (0.341 kg)	16-oz Meal Size (0.454 kg)
<0.8	>30	>30	>30	>30
0.8	>30	>30	>30	29
0.9	>30	>30	>30	26
1	>30	>30	>30	23
2	>30	23	15	11
3	>30	15	10	7
4	23	11	7	5
5	18	9	6	4
6	15	7	5	3
7	13	6	4	3
8	11	5	3	2
9	10	5	3	2
10	9	4	3	2
20	4	2	1	1
30	3	1	1	6/yr
40	2	1	6/yr	6/yr
50	1	6/yr	6/yr	NONE
60	1	6/yr	6/yr	NONE
70	1	6/yr	NONE	NONE
80	1	6/yr	NONE	NONE
90	1	6/yr	NONE	NONE
100	6/yr	NONE	NONE	NONE
120	6/yr	NONE	NONE	NONE
140	6/yr	NONE	NONE	NONE
160	6/yr	NONE	NONE	NONE
180	6/yr	NONE	NONE	NONE
>180	NONE	NONE	NONE	NONE

NONE = No consumption recommended

6/yr = Consumption of no more than 6 meals per year is recommended.

>30 = Although consumption of more than 30 meals/month is allowed, EPA advises limiting consumption to 30 meals in 1 month (1 meal per day).

^a Instructions for modifying the variables in this table are found in Section 3.3.

Consumption limits are calculated based on an adult body weight of 70 kg and using RfD=5x10⁻³ mg/kg/d. References for RfDs are found in Section 5.

The detection limit is 2x10⁻² mg/kg.

All values were rounded down to the nearest whole meal size..

^b Monthly limits are based on the total dose allowable over a 1-month period (based on the RfD).

When this dose is consumed in less than 1 month (e.g., in a few large meals), the daily dose will exceed the RfD (see Section 2.3).

Table 4-12 Monthly Consumption Limits for Chronic Systemic Health Endpoints for Children – Selenium

Chemical Concentration In Fish Tissue ^a (mg/kg or ppm)	Recommended Risk – Based Consumption Limit (meals per month) ^b			
	4-oz Meal Size (0.114 kg)	8-oz Meal Size (0.227 kg)	12-oz Meal Size (0.341 kg)	16-oz Meal Size (0.454 kg)
<0.3	>30	>30	>30	>30
0.3	>30	>30	>30	21
0.4	>30	>30	24	16
0.5	>30	>30	19	12
0.6	>30	>30	16	10
0.7	>30	27	13	9
0.8	>30	24	12	8
0.9	28	21	10	7
1	25	19	9	6
2	12	9	4	3
3	8	6	3	2
4	6	4	2	1
5	5	3	1	1
6	4	3	1	1
7	3	2	1	6/yr
8	3	2	1	6/yr
9	2	2	1	6/yr
10	2	1	6/yr	6/yr
20	1	6/yr	NONE	NONE
30	6/yr	6/yr	NONE	NONE
40	6/yr	NONE	NONE	NONE
50	6/yr	NONE	NONE	NONE
>50	NONE	NONE	NONE	NONE

NONE = No consumption recommended

6/yr = Consumption of no more than 6 meals per year is recommended.

>30 = Although consumption of more than 30 meals/month is allowed, EPA advises limiting consumption to 30 meals in 1 month (1 meal per day).

^a Instructions for modifying the variables in this table are found in Section 3.3.

Consumption limits are calculated based on an adult body weight of 14.5 kg and using RfD=5x10⁻³ mg/kg/d.

References for RfDs are found in Section 5.

The detection limit is 2x10⁻² mg/kg.

All values were rounded down to the nearest whole meal size..

^b Monthly limits are based on the total dose allowable over a 1-month period (based on the RfD).

When this dose is consumed in less than 1 month (e.g., in a few large meals), the daily dose will exceed the RfD (see Section 2.3).

Table 4-59. Monthly Consumption Limits for Carcinogenic Health Endpoints for the General Population - PAHs

Chemical Concentration in Fish Tissue ^a (mg/kg or ppm)	Recommended Risk - Based Consumption Limit (meals per month) ^b											
	4-oz Meal Size (0.114 kg)			8-oz Meal Size (0.227 kg)			12-oz Meal Size (0.341 kg)			16-oz Meal Size (0.454 kg)		
	ARL			ARL			ARL			ARL		
	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
<0.00004	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
0.00004	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
0.00006	>30	>30	>30	>30	>30	21	>30	>30	21	>30	>30	16
0.00008	>30	>30	>30	>30	>30	16	>30	>30	10	>30	>30	10
0.0001	>30	>30	25	>30	>30	12	>30	>30	8	>30	>30	8
0.0002	>30	>30	12	>30	>30	6	>30	>30	4	>30	>30	6
0.0004	>30	>30	6	>30	>30	3	>30	>30	2	>30	>30	3
0.0006	>30	>30	4	>30	21	2	>30	>30	1	>30	>30	1
0.0008	>30	>30	3	>30	16	1	>30	>30	1	>30	>30	10
0.001	>30	25	2	>30	12	1	>30	>30	6/yr	>30	>30	6/yr
0.002	>30	12	1	>30	6	6/yr	>30	>30	4	>30	>30	NONE
0.003	>30	8	6/yr	>30	4	NONE	>30	>30	2	>30	>30	NONE
0.004	>30	6	6/yr	>30	3	NONE	>30	>30	2	>30	>30	NONE
0.006	>30	4	NONE	>30	2	NONE	14	1	NONE	10	1	NONE
0.008	>30	3	NONE	16	1	NONE	10	1	NONE	8	6/yr	NONE
0.01	25	2	NONE	12	1	NONE	8	6/yr	NONE	6	6/yr	NONE
0.02	12	1	NONE	6	6/yr	NONE	4	NONE	NONE	3	3	NONE
0.04	6	6/yr	NONE	3	NONE	NONE	2	NONE	NONE	1	2	NONE
0.06	4	NONE	NONE	2	NONE	NONE	1	NONE	NONE	1	1	NONE
0.08	3	NONE	NONE	1	NONE	NONE	6/yr	NONE	NONE	6/yr	NONE	NONE
0.1	2	NONE	NONE	1	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE
0.2	1	NONE	NONE	6/yr	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE
0.4	6/yr	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE
>0.4	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE

ARL = Acceptable Risk Level.

NONE = No consumption recommended.

6/yr = Consumption of no more than 6 meals per year is recommended.

> 30 = Although consumption of more than 30 meals/month is allowed, EPA advises limiting consumption to 30 meals in 1 month (1 meal per day).

^a The detection limit is 1 x 10⁻⁶ mg/kg.

^b Instructions for modifying the variables in this table are found in Section 3.3.

Consumption limits are calculated based on an adult body weight of 70 kg and using a cancer potency factor of 7.3 per mg/kg/d.

References for cancer potency factors are found in Section 5.

All values were rounded down to the nearest whole meal size.

Table 4-20. Monthly Consumption Limits for Carcinogenic Health Endpoints for the General Population - DDT

Chemical Concentration in Fish Tissue ^a (mg/kg or ppm)	Recommended Risk - Based Consumption Limit (meals per month) ^b															
	4-oz Meal Size (0.114 kg)		8-oz Meal Size (0.227 kg)		12-oz Meal Size (0.341 kg)		16-oz Meal Size (0.454 kg)		12-oz Meal Size (0.341 kg)		16-oz Meal Size (0.454 kg)					
	ARL	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	ARL	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	ARL	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	ARL	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
<0.0006	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
0.0006	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
0.0008	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
0.001	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
0.002	>30	>30	27	13	>30	>30	13	9	>30	>30	>30	9	>30	>30	>30	6
0.004	>30	>30	13	6	>30	>30	6	4	>30	>30	>30	4	>30	>30	>30	3
0.006	>30	>30	9	4	>30	>30	4	3	>30	>30	>30	3	>30	>30	23	2
0.008	>30	>30	6	3	>30	>30	3	2	>30	>30	>30	2	>30	>30	17	1
0.01	>30	>30	5	2	>30	>30	2	1	>30	>30	>30	1	>30	>30	13	1
0.02	>30	>30	2	1	>30	>30	1	6/yr	>30	>30	>30	6/yr	>30	>30	6	6/yr
0.04	>30	>30	13	6	>30	>30	6	4	>30	>30	>30	4	>30	>30	3	NONE
0.06	>30	>30	9	4	>30	>30	4	3	>30	>30	>30	3	>30	>30	2	NONE
0.08	>30	>30	6	3	>30	>30	3	2	>30	>30	>30	2	>30	>30	1	NONE
0.1	>30	>30	5	2	>30	>30	2	1	>30	>30	>30	1	>30	>30	1	NONE
0.2	27	2	NONE	1	>30	>30	1	6/yr	18	9	6/yr	6	13	6	6/yr	NONE
0.4	13	1	NONE	6	6/yr	6/yr	6/yr	4	9	4	NONE	3	6	3	NONE	NONE
0.6	9	6/yr	NONE	4	NONE	NONE	NONE	3	4	3	NONE	2	2	2	NONE	NONE
0.8	6	6/yr	NONE	3	NONE	NONE	NONE	2	2	2	NONE	1	1	1	NONE	NONE
1	5	6/yr	NONE	2	NONE	NONE	NONE	1	1	1	NONE	1	1	1	NONE	NONE
2	2	NONE	NONE	1	NONE	NONE	NONE	6/yr	6/yr	6/yr	NONE	6/yr	6/yr	6/yr	NONE	NONE
4	1	NONE	NONE	6/yr	NONE	NONE	NONE	6/yr	6/yr	6/yr	NONE	6/yr	6/yr	6/yr	NONE	NONE
6	6/yr	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE
8	6/yr	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE
10	6/yr	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE
>10	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE	NONE

^a The detection limit is 1×10^{-4} mg/kg.
^b Instructions for modifying the variables in this table are found in Section 3.3. Consumption limits are calculated based on an adult body weight of 70 kg and using a cancer potency factor of 0.34 per mg/kg/d. References for cancer potency factors are found in Section 5. All values were rounded down to the nearest whole meal size.

ARL = Acceptable Risk Level.
 NONE = No consumption recommended.
 6/yr = Consumption of no more than 6 meals per year is recommended.
 > 30 = Although consumption of more than 30 meals/month is allowed, EPA advises limiting consumption to 30 meals in 1 month (1 meal per day).

IV. INVESTIGACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN SEDIMENTOS DE FONDO DEL SISTEMA RÍO COLORADO - EMBALSE CASA DE PIEDRA

*RICARDO ALCALDE
LEANDRO DAURADE*



**COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO
SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN
GRUPO INTEREMPRESARIO**

IV.1. INTRODUCCION

La mayoría de las sustancias tóxicas cuya presencia se proyectó investigar en el Programa, tiene marcada afinidad por los sólidos en suspensión transportados por el agua. Una vez ingresadas en el medio acuático, estas sustancias tienden a adsorberse a los sólidos por distintos mecanismos, de acuerdo a su naturaleza y de esa manera son transportadas hacia diferentes lugares. Las sustancias que se adsorben al material particulado de mayor tamaño, son separadas de la columna de agua, depositándose en el lecho del curso de agua y acumulándose en los sedimentos de fondo, donde pueden sufrir diversas transformaciones, incluida su liberación a la columna de agua. Otras se adsorben a material en estado coloidal, de alta estabilidad, pudiendo ser trasladadas de esta forma grandes distancias hasta sitios donde, por las condiciones reinantes, pueden sedimentar y acumularse en el fondo.

Los sedimentos de fondo constituyen un compartimento, desde donde, las sustancias tóxicas acumuladas pueden ser transformadas, degradadas, atrapadas definitivamente por enterramiento, liberarse a la columna de agua o ser incorporadas en las cadenas tróficas del medio acuático. Esta última fase, constituye una vía de ingreso de los tóxicos al ser humano, a través del consumo de organismos acuáticos que han concentrado los tóxicos presentes.

Por lo tanto, la evaluación de la calidad del recurso, además de la columna de agua y la biota, debe incluir los sedimentos de fondo, como compartimento involucrado en el almacenamiento y distribución de las sustancias tóxicas que han alcanzado el medio acuático.

En la presente etapa del Programa, se ha llevado a cabo la evaluación de la presencia de metales pesados/metaloides, hidrocarburos aromáticos polinucleares y plaguicidas clorados en sedimentos de fondo en sitios donde, por las actividades desarrolladas en el área, se consideró relevante investigarlos.

IV.2. INVESTIGACION DE METALES PESADOS Y METALOIDES

En la Tabla 1 figuran las estaciones en las cuales se llevaron a cabo los muestreos de sedimentos de fondo.

Tabla 1. Estaciones de muestreo de sedimentos de fondo .

Estación N°	Sitio	Características
I	Río Grande (estación de referencia)	R
II	Río Grande (campamento vialidad)	P
III	Río Barrancas (estación de referencia)	R
IV	Río Colorado (Buta Ranquil)	P
V	Río Colorado (puente Pata Mora)	P
VI	Río Colorado (zona integrada de ex-descargas de agua de purga)	P
X	Río Colorado (aguas abajo Rincón Colorado)	P
XIV	Río Colorado (Punto Unido)	P
XV	Canal de drenaje-descarga cloacal 25 de Mayo	P-U
XIX	Descarga cloacal Catriel	U
XXI	Ex-canal de purga de YPF	P
XXIII	Entrada embalse Casa de Piedra	S

R: estación de referencia; P: área de explotación petrolera; U: descarga urbana; S: sitio de deposición final de los sólidos en suspensión.

IV.2.1. Metodología de muestreo y análisis

Los muestreos se llevaron a cabo en las estaciones preestablecidas, en lugares determinados con anterioridad en la campaña de reconocimiento, en la cual se ubicaron sitios de acumulación de sedimentos con contenido de materiales finos. Las muestras fueron obtenidas en grillas, de extensión variable, de acuerdo a la superficie del banco de sedimentos.

La metodología de muestreo y procesamiento de las muestras empleada siguió los lineamientos publicados en diferentes fuentes (Håkanson & Jansson, 1983; Baudo et al., 1990; Mudroch & MacKnight, 1991).

Se empleó un *corer* de acrílico de 50 mm de diámetro interno y se muestreó hasta una profundidad de 15 cm, dividiéndose el testigo en tres perfiles: superior (0-5 cm), medio (5-10 cm) e inferior (10-15 cm). En cada estación se obtuvieron seis testigos, a excepción del embalse Casa de Piedra, en el cual se obtuvieron diez. Dichos testigos fueron seccionados, mediante una espátula de vidrio, en los tres perfiles, reuniéndose y homogeneizándose luego las fracciones correspondientes a un mismo perfil. Se emplearon recipientes de plástico para metales y metaloides y de vidrio para hidrocarburos aromáticos polinucleares.

Cada *pool* de fracciones fue dividido en porciones destinadas a los diferentes tipos de análisis y envasadas en el tipo de recipiente correspondiente.

Las muestras para el análisis de metales y metaloides fueron envasadas en bolsas de polietileno, previamente lavadas con ácido nítrico 1+1; las correspondientes a las determinaciones de granulometría, pérdida por ignición (materia orgánica) y contenido de humedad en bolsas de polietileno, sin lavado y las destinadas al análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares en frascos de vidrio, lavados, enjuagados con agua ultrapura y con acetona grado cromatográfico.

En campo las muestras fueron mantenidas refrigeradas con hielo, siendo posteriormente congeladas a -18°C para su envío al laboratorio

IV.2.2. Análisis de metales y metaloides – Laboratorio actuante

Los análisis se llevaron a cabo por activación neutrónica instrumental y espectrometría de absorción atómica, con horno de grafito en el Centro Atómico Bariloche.

Las muestras fueron separadas en dos fracciones, $<63\ \mu\text{m}$ y $>63\ \mu\text{m} - <2\ \text{mm}$. Secadas mediante liofilización y analizadas para determinar el contenido de metales y metaloides.

Se llevaron a cabo además, las determinaciones de composición granulométrica, pérdida por ignición (materia orgánica) y contenido de humedad cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición granulométrica, contenido de humedad y pérdida por ignición de las muestras de sedimentos.

estación	perfil	composición granulométrica (%)		humedad (%)	pérdida por ignición (%)
		$<63\ \mu\text{m}$	$>63\ \mu\text{m} - <2\ \text{mm}$		
I	s	15,9	84,1	39,9	1,70
	m	14,1	85,9	35,4	1,54
	i	11,0	89,0	38,2	1,41
II	s	54,3	45,7	48,7	2,10
	m	33,2	66,8	43,2	2,29
	i	27,6	72,4	38,1	3,45
III	s	32,9	67,1	37,3	1,81
	m	34,0	66,0	42,2	2,16
	i	10,7	89,3	32,4	2,45
IV	s	11,9	89,0	32,2	1,23
	m	23,7	76,3	32,8	1,36
	i	26,8	73,2	28,8	1,29
V	s	2,5	97,5	19,9	0,97
	m	8,5	91,5	23,5	0,78
	i	23,1	76,9	29,2	1,19
I	s	27,5	72,5	27,7	1,50
	m	12,2	87,8	29,0	1,66
	i	11,9	88,1	37,5	2,34

Tabla 2 (continuación)

X	s	82,4	17,6	49,5	3,74
	m	39,9	60,1	40,5	2,78
	i	51,3	48,7	41,7	2,72
XIV	s	42,4	57,6	35,0	3,75
	m	39,4	60,6	38,2	2,83
	i	51,3	48,7	45,1	2,48
XV	s	7,0	92,1	96,3	4,31
	m	16,0	76,7 (a)	80,3	3,79
	i	14,1	74,9 (b)	56,8	2,41
XIX	s	1,0	99,0	30,2	0,59
	m	0,8	99,2	33,5	0,69
	i	0,3	99,7	34,5	0,70
XXI	s	13,4	86,6	36,9	2,33
	m	27,9	72,1	40,4	2,93
	i	29,8	70,2	39,8	2,63
XXIII	s	88,6	11,4	80,3	4,29
	m	93,2	6,8	77,0	4,76
	i	87,9	12,1	69,1	4,60

a – contenido de fracción >2mm: 7,3%; b – contenido de fracción >2mm: 11% ; perfiles: s: superior; m: medio; i: inferior

IV.2.2.1. Control de calidad analítica

Junto con el lote de muestras fue analizado un material de referencia certificado (MESS-2 – NRC-Canada) cuyas concentraciones certificadas y valores informados por el laboratorio figuran en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis del material de referencia certificado MESS-2 (NRC) para metales traza en sedimentos marinos.

Elemento	unidad	Concentración en material de referencia ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Valor hallado ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	% recuperación
antimonio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	1,09±0,13	1,25±0,14	115
arsénico	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	20,7±0,8	20,0±1,4	97
berilio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	2,32±0,12	1,90±0,19	82
cadmio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0,24±0,01	-	-
cinc	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	172±16	-	-
cobalto	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	13,8±1,4	16,17±0,59	117
cobre	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	39,3±2,0	35±4	89
cromo	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	106±8	117,1±6,7	110
manganeso	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	365±21	368±21	101
mercurio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0,092	<2	-
molibdeno	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	2,85±0,12	<5	-
níquel	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	49,3±1,8	58±20	118
plata	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0,18±0,02	<2	-
plomo	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	21,9±1,2	14±2	64
selenio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0,72±0,09	<2	-
uranio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	-	4,44±0,45	-
vanadio	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	252±10	265±20	105

Los resultados analíticos de las muestras no fueron corregidos por los respectivos porcentajes de recuperación.

IV.2.3. Resultados

En general se han observado concentraciones uniformes de los distintos elementos en la vertical, en las fracciones fina y gruesa, no apreciándose marcadas diferencias entre las distintas estaciones.

Las concentraciones en las fracciones fina y gruesa, a excepción de plomo y cromo, resultaron similares.

No hubo detección de selenio en ninguna de las estaciones de muestreo. De las estaciones correspondientes a los ríos del sistema y al embalse sólo hubo detección de plata en los niveles superior y medio de la estación VI (Tabla 9); mercurio en una concentración de $0,86 \pm 0,33 \mu\text{g g}^{-1}$, en el perfil superficial de la estación IV (Tabla 7); concentraciones similares de molibdeno en los perfiles superior y medio de las estaciones I y VI (Tablas 4 y 9) y en los tres niveles de las estaciones XIV y XXI (Tablas 11 y 14); en la estación VI (Tabla 9) se encontraron concentraciones de molibdeno ligeramente superiores a las anteriores en los tres perfiles.

Se detectaron las concentraciones más altas de níquel en el perfil inferior de la estación I (Tabla 4), en el perfil superior en la estación II (Tabla 5) y en el perfil medio en la estación IV (Tabla 7). También fue detectado en los perfiles superior y medio en la estación VI (Tabla 9), en los tres perfiles de la estación XIV (Tabla 11) y en el perfil superior de la estación XXI (Tabla 14).

El antimonio y el uranio fueron hallados en concentraciones muy similares en los tres perfiles y en todas las estaciones.

Las concentraciones de bario fueron, en general comparables, habiéndose registrado las más altas en los perfiles superior y medio de la estación II (Tabla 5) y superior e inferior en la estación V (Tabla 7).

El berilio fue hallado en concentraciones similares en los tres perfiles y en las distintas estaciones, a excepción de la VI, en que se halló una concentración ligeramente mayor en el perfil superior (Tabla 9)

El cobalto mostró concentraciones uniformes en los tres perfiles en todas las estaciones, a excepción de la estación XXIII (Tabla 15) donde las concentraciones fueron ligeramente superiores.

En los niveles superiores de las estaciones VI y XXIII se presentaron las concentraciones más elevadas de cobre ($300 \mu\text{g g}^{-1}$) (Tablas 9 y 15).

No se observaron, en general, marcadas diferencias en las concentraciones de cromo en los tres perfiles, siendo comparables entre las distintas estaciones.

El manganeso presentó concentraciones similares, con los mayores valores en el nivel superior de la estación III (Tabla 6) y superior y medio de la estación XXIII (Tabla 15).

El contenido de plomo fue comparable entre las distintas estaciones, habiéndose observado los valores más altos en el perfil inferior de la estación II (Tabla 5), superior y medio de la estación VI (Tabla 9) y los tres perfiles de la estación X (Tabla 10).

No se observaron marcadas diferencias en las concentraciones de vanadio, habiéndose registrado los valores más altos en el perfil inferior de la estación V (Tabla 8) y los perfiles superior e inferior en la estación XXIII (Tabla 15).

Los valores de cinc y cadmio hallados por el laboratorio, correspondientes al material de referencia certificado (Tabla 3), dieron recuperaciones excesivamente elevadas para estos elementos, por lo cual no serán evaluadas sus concentraciones en las muestras, deduciéndose que las mismas son inferiores a las informadas.

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 4. Estación I – Río Grande (Bardas Blancas)

	Antimonio (µg g ⁻¹)	Arsénico (µg g ⁻¹)	Bario (µg g ⁻¹)	Berilio (µg g ⁻¹)	Cadmio (µg g ⁻¹)	Cinc (µg g ⁻¹)	Cobalto (µg g ⁻¹)	Cobre (µg g ⁻¹)	Cromo (µg g ⁻¹)	Litio (µg g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	0,66±0,13	<10	478±74	1,80±0,18	2,2±0,22	418±30	14,47±0,75	27±3	47,2±3,6	7,0±0,70
5-10 cm	0,40±0,12	<10	483±72	1,90±0,19	1,90±0,19	392±27	12,92±0,63	28±3	46,0±3,5	7,0±0,70
10-15 cm	0,64±0,11	9,2±2,0	468±65	1,90±0,19	1,25±0,13	347±27	14,31±0,78	20±2	48,4±4,3	9,0±0,9
Valor guía (0-5 cm) *	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

	Manganeso (µg g ⁻¹)	Mercurio (µg g ⁻¹)	Molibdeno (µg g ⁻¹)	Níquel (µg g ⁻¹)	Plata (µg g ⁻¹)	Plomo (µg g ⁻¹)	Selenio (µg g ⁻¹)	Uranio (µg g ⁻¹)	Vanadio (µg g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	699±37	<1	5,3±1,8	<50	<2	23±3	<LC	2,42±0,42	93,2±9,6
5-10 cm	731±47	<1	3,1±1,6	<50	<2	23±3	<LC	2,53±0,41	114±11
10-15 cm	665±37	<1	<5	61±28	<2	22±2	<LC	2,89±0,35	101±10
Valor guía (0-5 cm) *	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 5. Estación II – Río Grande (campamento Vialidad)

	Antimonio (µg·g ⁻¹)	Arsénico (µg·g ⁻¹)	Bario (µg·g ⁻¹)	Berilio (µg·g ⁻¹)	Cadmio (µg·g ⁻¹)	Cinc (µg·g ⁻¹)	Cobalto (µg·g ⁻¹)	Cobre (µg·g ⁻¹)	Cromo (µg·g ⁻¹)	Litio (µg·g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	0,75±0,12	6,40±0,85	850±120	1,90±0,19	1,10±0,11	311±25	14,08±0,75	23±2	56,2±4,8	3,50±0,35
5-10 cm	0,73±0,11	4,64±0,87	1170±160	1,25±0,13	0,700±0,070	77,3±8,5	12,57±0,68	30±3	63,2±5,5	1,5±0,15
10-15 cm	1,05±0,13	5,52±0,65	694±95	1,90±0,19	0,750±0,075	78,9±8,1	12,68±0,67	45±5	50,3±4,3	4,0±0,4
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

	Manganeso (µg·g ⁻¹)	Mercurio (µg·g ⁻¹)	Molibdeno (µg·g ⁻¹)	Níquel (µg·g ⁻¹)	Plata (µg·g ⁻¹)	Plomo (µg·g ⁻¹)	Selenio (µg·g ⁻¹)	Uranio (µg·g ⁻¹)	Vanadio (µg·g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	704±39	<1	<5	51±23	<2	17±2	<1	4,30±0,52	110±11
5-10 cm	773±43	<1	<5	<50	<2	22±2	<1	6,56±0,79	108±11
10-15 cm	686±39	<1	<5	<50	<2	45±5	<2	3,08±0,35	101,7±9,5
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 6. Estación III – Río Barrancas (puente Ruta 40)

	Antimonio (µg g ⁻¹)	Arsénico (µg g ⁻¹)	Bario (µg g ⁻¹)	Berilio (µg g ⁻¹)	Cadmio (µg g ⁻¹)	Cinc (µg g ⁻¹)	Cobalto (µg g ⁻¹)	Cobre (µg g ⁻¹)	Cromo (µg g ⁻¹)	Litio (µg g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	1,01±0,13	14,8±1,5	760±110	2,00±0,20	2,25±0,22	585±44	17,76±0,93	40±4	42,1±3,6	12±1
5-10 cm	0,94±0,14	13,6±1,3	648±95	2,00±0,20	0,800±0,080	490±37	17,26±0,92	30±3	44,1±4,1	12±1
10-15 cm	0,699±0,098	8,7±1,1	581±83	1,60±0,16	0,750±0,075	106±11	17,24±0,90	35±4	45,5±4,2	4,27±0,42
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

	Manganeso (µg g ⁻¹)	Mercurio (µg g ⁻¹)	Molibdeno (µg g ⁻¹)	Níquel (µg g ⁻¹)	Plata (µg g ⁻¹)	Plomo (µg g ⁻¹)	Selenio (µg g ⁻¹)	Uranio (µg g ⁻¹)	Vanadio (µg g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	1020±64	<1	<4	<50	<1	28±3	<0,5	3,13±0,37	129±12
5-10 cm	987±54	<1	<5	<59	<2	21±2	<2	3,31±0,38	130±12
10-15 cm	876±48	<1	<5	<50	<2	20±2	<2	2,09±0,24	115±13
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 7. Estación IV – Río Colorado (Buta Ranquil)

	Antimonio (µg g ⁻¹)	Arsénico (µg g ⁻¹)	Bario (µg g ⁻¹)	Berilio (µg g ⁻¹)	Cadmio (µg g ⁻¹)	Cinc (µg g ⁻¹)	Cobalto (µg g ⁻¹)	Cobre (µg g ⁻¹)	Cromo (µg g ⁻¹)	Litio (µg g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	0,95±0,14	11,1±1,1	527±85	1,60±0,16	0,400±0,040	442±34	16,56±0,87	70±7	54,5±4,6	14±2
5-10 cm	0,98±0,12	12,15±0,90	450±80	1,75±0,18	0,300±0,030	439±33	16,31±0,86	100±10	37,5±3,3	9,0±0,9
10-15 cm	0,83±0,12	11,4±1,0	464±70	1,90±0,19	1,75±0,18	104,5±9,9	17,11±0,91	100±10	34,7±3,2	20±2
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

	Manganeso (µg g ⁻¹)	Mercurio (µg g ⁻¹)	Molibdeno (µg g ⁻¹)	Níquel (µg g ⁻¹)	Plata (µg g ⁻¹)	Plomo (µg g ⁻¹)	Selenio (µg g ⁻¹)	Urano (µg g ⁻¹)	Vanadio (µg g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	670±38	0,86±0,33	<6	<50	<2	25±3	<1	3,02±0,33	135±12
5-10 cm	634±36	<1	<4	43±17	<2	23±2	<2	3,30±0,34	136±13
10-15 cm	703±39	<1	<4	<50	<3	20±2	<2	3,37±0,40	128±12
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME,1999

(*): CCME,1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 8. Estación V – Río Colorado (puente Pata Mora)

	Antimonio (µg.g ⁻¹)	Arsénico (µg.g ⁻¹)	Bario (µg.g ⁻¹)	Berilio (µg.g ⁻¹)	Cadmio (µg.g ⁻¹)	Cinc (µg.g ⁻¹)	Cobalto (µg.g ⁻¹)	Cobre (µg.g ⁻¹)	Cromo (µg.g ⁻¹)	Litio (µg.g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	1,03±0,13	17,0±1,5	940±130	2,00±0,20	3,60±0,36	119±11	13,23±0,69	27±3	50,6±4,6	15±2
5-10 cm	1,06±0,15	13,6±1,5	575±81	2,00±0,20	1,50±0,15	112±11	15,88±0,85	45±5	46,3±3,9	21±2
10-15 cm	0,76±0,13	11,5±1,2	1030±150	1,85±0,19	1,10±0,11	533±41	17,85±0,96	41±4	82,3±7,0	7,0±0,7
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

	Manganeso (µg.g ⁻¹)	Mercurio (µg.g ⁻¹)	Molibdeno (µg.g ⁻¹)	Níquel (µg.g ⁻¹)	Plata (µg.g ⁻¹)	Plomo (µg.g ⁻¹)	Selenio (µg.g ⁻¹)	Uranio (µg.g ⁻¹)	Vanadio (µg.g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	819±45	<1	<5	<50	<2	30±3	<1	3,58±0,40	151±12
5-10 cm	738±49	<1	<5	50	<2	33±3	<1	3,67±0,44	133±12
10-15 cm	921±52	<1	<5	<50	<2	21±2	<2	4,53±0,49	206±17
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 9. Estación VI – Río Colorado (zona integrada de ex-descargas de agua de purga)

perfil	Antimonio (µg.g ⁻¹)	Arsénico (µg.g ⁻¹)	Bario (µg.g ⁻¹)	Berilio (µg.g ⁻¹)	Cadmio (µg.g ⁻¹)	Cinc (µg.g ⁻¹)	Cobalto (µg.g ⁻¹)	Cobre (µg.g ⁻¹)	Cromo (µg.g ⁻¹)	Litio (µg.g ⁻¹)
0-5 cm	0,53±0,13	<10	503±76	9,75±0,98	5,00±0,50	386±27	12,09±0,59	300±30	29,9±2,3	18±2
5-10 cm	0,44±11	<10	462±71	2,25±0,23	3,25±0,32	101,0±7,9	14,15±0,69	100±10	36,9±2,8	15±2
10-15 cm	0,55±0,13	<10	493±7	2,10±0,21	3,25±0,32	452±31	13,32±0,64	150±15	38,4±3,0	15±2
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

perfil	Manganeso (µg.g ⁻¹)	Mercurio (µg.g ⁻¹)	Molibdeno (µg.g ⁻¹)	Níquel (µg.g ⁻¹)	Plata (µg.g ⁻¹)	Plomo (µg.g ⁻¹)	Selenio (µg.g ⁻¹)	Uranio (µg.g ⁻¹)	Vanadio (µg.g ⁻¹)
0-5 cm	674±40	<1	10,2±2,6	<50	1,29±0,56	45±5	<2	2,18±0,40	105±11
5-10 cm	792±41	<0,8	12,3±2,7	28±12	1,96±0,53	43±4	<2	2,58±0,43	125±14
10-15 cm	863±95	<1	<8	<50	<2	30±3	<2	2,68±0,48	121±14
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 10. Estación X – Río Colorado (Octavio Pico)

	Antimonio (µg g ⁻¹)	Arsénico (µg g ⁻¹)	Bario (µg g ⁻¹)	Berilio (µg g ⁻¹)	Cadmio (µg g ⁻¹)	Cinc (µg g ⁻¹)	Cobalto (µg g ⁻¹)	Cobre (µg g ⁻¹)	Cromo (µg g ⁻¹)	Litio (µg g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	0,585±0,87	6,2±1,2	345±50	2,50±0,25	8,00±0,80	387±30	12,29±0,67	29±3	44,4±3,8	15±2
5-10 cm	0,80±0,13	7,1±1,9	445±64	2,50±0,25	10,0±1,0	412±32	12,16±0,65	35±4	47,1±4,0	11±1
10-15 cm	1,05±0,13	5,52±0,65	694±95	1,90±0,19	0,750±0,075	78,9±8,1	12,68±0,67	45±5	50,3±4,3	4,0±0,4
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

	Manganeso (µg g ⁻¹)	Mercurio (µg g ⁻¹)	Molibdeno (µg g ⁻¹)	Níquel (µg g ⁻¹)	Plata (µg g ⁻¹)	Plomo (µg g ⁻¹)	Selenio (µg g ⁻¹)	Uranio (µg g ⁻¹)	Vanadio (µg g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	546±34	<1	<4	<50	<2	53±6	<2	2,24±0,27	74±13
5-10 cm	511±32	<1	<5	<50	<2	63±7	<2	2,90±0,36	48±12
10-15 cm	686±39	<1	<5	<50	<2	45±5	<2	3,08±0,35	101,7±9,5
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 11. Estación XIV – Río Colorado (Punto Unido)

	Antimonio (µg g ⁻¹)	Arsénico (µg g ⁻¹)	Bario (µg g ⁻¹)	Berilio (µg g ⁻¹)	Cadmio (µg g ⁻¹)	Cinc (µg g ⁻¹)	Cobalto (µg g ⁻¹)	Cobre (µg g ⁻¹)	Cromo (µg g ⁻¹)	Litio (µg g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	0,522±0,079	<10	367±54	2,10±0,21	3,75±0,38	81,9±6,6	12,44±0,66	35±4	37,7±3,1	14±2
5-10 cm	0,70±0,11	<10	334±52	1,90±0,19	3,15±0,32	83,8±6,7	11,89±0,63	45±5	35,3±2,9	13±2
10-15 cm	0,63±0,10	<10	364±53	1,90±0,19	2,30±0,23	291±20	13,34±0,64	40±4	39,3±2,8	15±2
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

	Manganeso (µg g ⁻¹)	Mercurio (µg g ⁻¹)	Molibdeno (µg g ⁻¹)	Níquel (µg g ⁻¹)	Plata (µg g ⁻¹)	Plomo (µg g ⁻¹)	Selenio (µg g ⁻¹)	Uranio (µg g ⁻¹)	Vanadio (µg g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	804±44	<0,2	6,2±1,7	21,3±5,0	<0,5	21±2	<1	2,82±0,46	128±13
5-10 cm	764±39	<0,4	3,6±1,6	21,6±6,6	<1	34±4	<1	2,36±0,43	113±10
10-15 cm	794±41	<0,3	4,2±1,5	23,9±5,4	<0,6	23±3	<1	3,34±0,52	118±12
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 12. Estación XV – Canal de drenaje-descarga cloacal de 25 de Mayo

	Antimonio (µg.g ⁻¹)	Arsénico (µg.g ⁻¹)	Bario (µg.g ⁻¹)	Berilio (µg.g ⁻¹)	Cadmio (µg.g ⁻¹)	Cinc (µg.g ⁻¹)	Cobalto (µg.g ⁻¹)	Cobre (µg.g ⁻¹)	Cromo (µg.g ⁻¹)	Litio (µg.g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	0,63±0,13	<10	315±48	2,50±0,25	8,00±0,80	366±25	13,57±0,66	100±10	31,8±2,4	25±3
5-10 cm	0,43±0,11	<10	329±54	2,50±0,25	7,50±0,75	395±27	13,48±0,65	125±13	32,6±2,7	20±2
10-15 cm	0,51±0,13	<10	255±40	2,50±0,25	8,00±0,80	492±37	11,59±0,62	300±30	28,8±2,7	16±2
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

	Manganeso (µg.g ⁻¹)	Mercurio (µg.g ⁻¹)	Molibdeno (µg.g ⁻¹)	Níquel (µg.g ⁻¹)	Plata (µg.g ⁻¹)	Plomo (µg.g ⁻¹)	Selenio (µg.g ⁻¹)	Uranio (µg.g ⁻¹)	Vanadio (µg.g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	2250±110	<0,8	<8	<50	<2	45±5	<2	3,54±0,60	95±13
5-10 cm	1732±95	<1	8,4±2,8	<50	<2	45±5	<3	4,28±0,74	91±12
10-15 cm	1564±78	<0,7	6,4±1,8	<50	0,64±0,32	50±5	<2	3,12±0,48	89±10
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 13. Estación XIX – Descarga cloacal Catriel

	Antimonio (µg.g ⁻¹)	Arsénico (µg.g ⁻¹)	Bario (µg.g ⁻¹)	Berilio (µg.g ⁻¹)	Cadmio (µg.g ⁻¹)	Cinc (µg.g ⁻¹)	Cobalto (µg.g ⁻¹)	Cobre (µg.g ⁻¹)	Cromo (µg.g ⁻¹)	Litio (µg.g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	0,65±0,11	<10	427±63	1,80±0,18	3,15±0,32	406±28	11,25±0,54	40±4	38,8±2,8	11±1
5-10 cm	0,55±0,11	<10	473±71	2,10±0,21	5,00±0,50	459±31	12,98±0,62	110±10	42,7±3,3	11±1
10-15 cm	0,483±0,083	<10	448±65	2,00±0,20	7,00±0,70	528±40	11,75±0,62	65±7	42,1±3,4	11±1
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

101

	Manganeso (µg.g ⁻¹)	Mercurio (µg.g ⁻¹)	Molibdeno (µg.g ⁻¹)	Níquel (µg.g ⁻¹)	Plata (µg.g ⁻¹)	Plomo (µg.g ⁻¹)	Selenio (µg.g ⁻¹)	Uranio (µg.g ⁻¹)	Vanadio (µg.g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	605±33	<0,6	<6	20,4±9,9	<1	35±4	<1	2,22±0,38	116±11
5-10 cm	601±33	<0,8	<7	<50	<2	30±3	<1	2,67±0,43	134±15
10-15 cm	543±31	<0,4	<7	14,9±4,8	<0,8	43±4	<1	2,10±0,42	101±18
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 14. Estación XXI – Ex canal de purga de YPF

	Antimonio (µg.g ⁻¹)	Arsénico (µg.g ⁻¹)	Bario (µg.g ⁻¹)	Berilio (µg.g ⁻¹)	Cadmio (µg.g ⁻¹)	Cinc (µg.g ⁻¹)	Cobalto (µg.g ⁻¹)	Cobre (µg.g ⁻¹)	Cromo (µg.g ⁻¹)	Litio (µg.g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	0,593±0,09	9,8±3,6	422±60	1,70±0,17	2,50±0,25	89,6±5,7	13,01±0,56	20±2	44,1±2,7	7,0±0,70
5-10 cm	0,66±0,16	<10	436±67	1,60±0,16	2,50±0,25	341±24	13,69±0,70	43±5	46,0±3,6	11±1
10-15 cm	0,44±0,11	<10	450±72	1,35±0,14	1,90±0,19	79,9±7,6	13,88±0,72	20±2	45,8±3,6	11±1
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-
	Manganeso (µg.g ⁻¹)	Mercurio (µg.g ⁻¹)	Molibdeno (µg.g ⁻¹)	Níquel (µg.g ⁻¹)	Plata (µg.g ⁻¹)	Plomo (µg.g ⁻¹)	Selenio (µg.g ⁻¹)	Urano (µg.g ⁻¹)	Vanadio (µg.g ⁻¹)	
perfil										
0-5 cm	678±36	<0,5	5,1±1,2	27,5±6,8	<1	17±2	<2	3,09±0,45	118±11	
5-10 cm	693±37	<1	4,9±1,7	<50	<2	24±3	<2	2,89±0,48	123±13	
10-15 cm	716±37	<1	3,6±1,4	<50	<2	17±2	<1	2,38±0,41	113±10	
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-	-

(*): CCME, 1999a

METALES Y METALOIDES EN SEDIMENTOS DE FONDO (fracción <63 µm)

Tabla 15. Estación XXIII – Entrada embalse Casa de Piedra

	Antimonio (µg·g ⁻¹)	Arsénico (µg·g ⁻¹)	Bario (µg·g ⁻¹)	Berilio (µg·g ⁻¹)	Cadmio (µg·g ⁻¹)	Cinc (µg·g ⁻¹)	Cobalto (µg·g ⁻¹)	Cobre (µg·g ⁻¹)	Cromo (µg·g ⁻¹)	Litio (µg·g ⁻¹)
perfil										
0-5 cm	1,07±0,17	14,6±1,2	431±96	2,00±0,20	1,50±0,015	357±26	20,9±1,0	300±30	34,5±3,0	4,70±0,45
5-10 cm	0,75±0,15	12,3±1,3	548±100	1,10±0,11	0,400±0,040	427±30	21,6±1,0	50±5	56,8±4,7	15±2
10-15 cm	1,11±0,16	12,9±1,1	506±83	1,50±0,15	0,350±0,035	128±14	20,03±0,95	50±5	52,4±4,0	8,5±0,8
Valor guía (0-5 cm)*	-	5,9	-	-	0,6	123	-	35,7	37,3	-

	Manganeso (µg·g ⁻¹)	Mercurio (µg·g ⁻¹)	Molibdeno (µg·g ⁻¹)	Níquel (µg·g ⁻¹)	Plata (µg·g ⁻¹)	Plomo (µg·g ⁻¹)	Selenio (µg·g ⁻¹)	Uranio (µg·g ⁻¹)	Vanadio (µg·g ⁻¹)
perfil									
0-5 cm	1124±62	<1	<6	<50	<3	30±3	<2	4,56±0,74	149±13
5-10 cm	1107±61	<1	<6	<50	<3	17±2	<2	3,24±0,42	236±18
10-15 cm	973±53	<1	<5	<50	<3	15±2	<2	2,77±0,34	202±16
Valor guía (0-5 cm)*	-	0,17	-	-	-	35,0	-	-	-

(*): CCME, 1999a

IV.2.4. Discusión

El presente relevamiento de metales y metaloides en sedimentos de fondo del sistema del río Colorado-Embalse Casa de Piedra, fue realizado con el propósito de evaluar con carácter preliminar la presencia y distribución espacial de esos elementos, en relación con la posible influencia de fuentes potenciales.

En general, han sido observadas distribuciones verticales uniformes de metales y metaloides en los sedimentos de fondo, tanto en las fracciones finas ($<63 \mu\text{m}$) como en las gruesas ($>63 \mu\text{m} <2\text{mm}$) y con valores comparables entre todas las estaciones. Con excepción del cobre en el perfil superficial en las estaciones VI y XXIII, que muestra un marcado incremento en la fracción fina.

Las fracciones gruesas (arenosas), si bien no poseen por sí mismas la capacidad de fijar metales, pueden hacerlo a través de películas superficiales de óxidos de hierro y manganeso, carbonatos y de materia orgánica (Förstner, 1990)

Con la excepción de cromo y plomo, los cuales presentan valores ligeramente más altos en la fracción fina, las concentraciones de metales y metaloides son similares en las fracciones fina y gruesa, lo cual sugiere que se trata de un origen natural de estos elementos.

En la presente etapa del Programa, fueron investigadas las concentraciones totales de metales y metaloides, tanto en las fracciones finas (limos y arcillas) como en las gruesas (arenas), previéndose realizar estudios de especiación y ensayos de toxicidad, en aquellos lugares donde fueran observadas diferencias con respecto a los sitios de referencia.

Recientemente fueron publicados algunos valores guía para metales y metaloides (siete elementos) para la protección de la vida acuática (CCME, 1999a). Dichos valores guía están referidos a los primeros 5 cm de sedimentos de fondo y a la fracción de los metales y metaloides extraídos mediante una digestión ácida débil (biodisponibles).

En el presente estudio, en algunas estaciones, incluidas las de referencia las concentraciones totales de algunos elementos (arsénico, cobre, cromo, y plomo) en la fracción $<63 \mu\text{m}$, superaron los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática. No obstante, es probable que se traten de concentraciones naturales dada la uniformidad de las mismas en la fracción fina, $<63 \mu\text{m}$ (que es la fracción de transporte) a lo largo de todo el sistema.

Es recomendado emplear los valores guía de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática en conjunto con otra información para evaluar la significación ecológica de las concentraciones de sustancias químicas asociadas a dicha matriz (CCEM, 1999a).

Con el fin de profundizar la investigación en el área de estudio se ha previsto llevar a cabo en una segunda etapa, próxima a iniciarse, estudios de especiación de metales y metaloides y ensayos de ecotoxicidad con sedimentos.

IV.3. INVESTIGACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES

IV.3.1. Metodología de muestreo y análisis (ver sección IV.2.1)

IV.3.2. Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares – Laboratorio actuante

Los análisis de hidrocarburos aromáticos fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Nacional de La Plata (Florencio Varela), mediante extracción con Soxhlet, purificación y separación de la fracción aromática por cromatografía de adsorción sobre gel de sílice y resolución y cuantificación mediante cromatografía en fase gaseosa de alta resolución con detector FID.

IV.3.2.1. Control de calidad analítica

Junto con las muestras de sedimentos fue analizado un material de referencia certificado (Standard Reference Material 1941a–Organics in Marine Sediments–NIST). Las concentraciones certificadas y los valores hallados informados por el laboratorio figuran en la Tabla 16.

Tabla 16. Analisis del material de referencia certificado 1941a - NIST

hidrocarburo	unidad	concentración certificada	concentración medida	recuperación (%)
Naftaleno	$\mu\text{g g}^{-1}$	1,010 \pm 0,140	-	-
Fluoreno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,0973 \pm 0,0086	0,119	122
Fenantreno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,489 \pm 0,023	0,324	66
Antraceno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,184 \pm 0,014	0,154	84
Fluoranteno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,981 \pm 0,078	1,060	108
Pireno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,811 \pm 0,024	0,858	106
Benzo(a)antraceno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,427 \pm 0,025	0,474	111
Criseno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,380 \pm 0,024	0,450	118
Trifenileno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,197 \pm 0,011	-	-
Benzo(b)fluoranteno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,740 \pm 0,110	0,654	88
Benzo(k)fluoranteno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,361 \pm 0,018	-	-
Benzo(a)fluoranteno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,118 \pm 0,011	-	-

Tabla 16 (continuación)

Benzo(e)pireno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,553±0,059	-	-
Benzo(a)pireno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,628±0,052	0,390	62
Perileno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,452±0,058	0,350	77
Benzo(ghi)perileno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,525±0,067	-	-
Indeno(1,2,3-cd)pireno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,501±0,072	-	-
Dibenzo(a,j)antraceno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,0743±0,0068	-	-
Dibenzo(a,c)antraceno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,0431±0,0037	-	-
Dibenzo(a,h)antraceno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,0739±0,0097	-	-
Pentafeno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,042±0,012	-	-
Benzo(b)criseno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,099±0,20	-	-
Piceno	$\mu\text{g g}^{-1}$	0,080±0,009	-	-

(-): no informado

Los resultados de los análisis de las muestras no fueron corregidos por el porcentaje de recuperación.

IV.3.3. Resultados

Tabla 17. Concentraciones halladas de hidrocarburos aromáticos polinucleares en sedimentos de fondo.

Estación N°	Sitio	Perfil	Hidrocarburos ($\mu\text{g g}^{-1}$)
I	Río Grande (Bardas Blancas)	s	<LC
		m	<LC
		i	<LC
II	Río Grande (campamento vialidad)	s	<LC
		m	<LC
		i	<LC
III	Río Barrancas (puente Ruta 40)	s	Fluoranteno: 0,0174 Pireno: 0,0112 Benzo(a)fluoreno
		m	Benzo(a)antraceno: 0,0228
		i	Fenantreno: 0,0107
IV	Río Colorado (Buta Ranquil)	s	<LC
		m	<LC
		i	Pireno: 0,0053

Tabla 17 (continuación)

		s	Acenafteno: 0,013 Fluoranteno: 0,0049 Pireno: 0,0047 Benzo(a)fluoreno: 0,008
V	Río Colorado (puente Pata Mora)	m	Acenafteno: 0,0132 Fluoranteno: 0,0050 Pireno: 0,0095 Benzo(a)fluoreno: 0,0162
		i	Fenantreno: 0,0042 Benzo(a)antraceno: 0,0197
		s	Acenafteno: 0,0151
VI	Río Colorado (área integrada ex- descargas de agua de purga)	m	Acenafteno: 0,0092
		i	Pireno: 0,0335 Benzo(a)pireno: 0,0748
		s	Acenafteno: 0,0126 Benzo(a)antraceno: 0,0221
X	Río Colorado (Octavio Pico)	m	Acenafteno: 0,0168
		i	Benzo(a)antraceno: 0,0221
		s	Acenafteno: 0,0166
XIV	Río Colorado (Punto Unido)	m	Acenafteno: 0,0141
		i	Acenafteno: 0,012
		s	Fenantreno: 0,0139
XV	Canal de drenaje-descarga cloacal de 25 de Mayo	m	Benzo(a)antraceno: 0,0243
		i	Fenantreno: 0,0080 Fenantreno: 0,0055

Tabla 17 (continuación)

		s	Acenafteno: 0,0106
XIX	Descarga cloacal Catriel	m	Acenafteno: 0,0099
		i	Acenafteno: 0,0104
		s	Acenafteno: 0,0109 Criseno: 0,0435
XXI	Ex-canal de purga de YPF	m	Acenafteno: 0,0106
		i	Acenafteno: 0,0108
		s	Acenafteno: 0,0183
XXIII	Entrada embalse Casa de Piedra	m	Acenafteno: 0,0146
		i	Acenafteno: 0,0104

perfiles - s: superior, m: medio, i: inferior; Límite de cuantificación (LC): 0,0030 $\mu\text{g g}^{-1}$

La Tabla 18 muestra los valores guía para la protección de la vida acuática para los hidrocarburos investigados.

Tabla 18. Valores guía para la protección de la vida acuática para hidrocarburos aromáticos polinucleares^a

Hidrocarburo	Valor guía ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Acenafteno	0,00671
Acenaftileno	0,00587
Antraceno	0,0469
Benzo(a)antraceno	0,0748
Benzo(a)pireno	0,0888
Criseno	0,108
Dibenzo(a,h)antraceno	0,00622
Fenantreno	0,0867
Fluoranteno	0,113
Fluoreno	0,0212
2-Metilnaftaleno	0,0202
Naftaleno	0,0346
Pireno	0,153

a: CCME, 1999, Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life.

De acuerdo a los valores hallados (Tabla 17) solamente el acenafteno excede los valores guía para la protección de la vida acuática (Tabla 18) en los perfiles superior y medio en las estaciones V, VI, X y en los tres perfiles en las estaciones XIV, XIX, XXI y XXIII.

IV.3.4. Discusión

En general, se han observado bajas concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en los sedimentos de fondo en todas las estaciones muestreadas.

Las fuentes de hidrocarburos aromáticos polinucleares pueden ser identificadas por el predominio de alguno de los congéneres sobre otros. En el petróleo crudo hay un predominio de los HAPs alquil sustituidos (metil-naftalenos, metil-fenantrenos) y bajas cantidades de los hidrocarburos de mayor peso molecular, como benzo(a)antraceno y benzo(a)pireno (Neff, 1985). El acenafteno es considerado un hidrocarburo típico de la combustión (Yunker & MacDonald, 1994).

Por lo tanto, los tipos de HAPs observados en este caso sugieren un origen pirogénico, siendo el transporte atmosférico la posible vía, directa e indirecta, de ingreso al ambiente acuático (Zedeck, 1980; Neff, 1985).

El diagnóstico de la significación para la vida acuática de la presencia de estos hidrocarburos, en especial del acenafteno en los sedimentos de fondo, será completado mediante la realización de estudios de toxicidad que serán llevados a cabo en una segunda etapa, próxima a iniciarse.

IV.4. INVESTIGACION DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS

Las muestras de sedimentos de fondo para el estudio de plaguicidas organoclorados fueron obtenidas en los sitios detallados en la Tabla 19.

Tabla 19. Estaciones de muestreo de sedimentos para la investigación de plaguicidas organoclorados.

Estación N°	Sitio
XI	canal de drenaje Valle Verde
XV	canal de drenaje-descarga cloacal de 25 de Mayo (dren del Oeste)
XVI	canal de drenaje de 25 de Mayo (dren del Este)
XX	canal de drenaje Catriel

IV.4.1. Metodología de muestreo

El muestreo de sedimentos para el análisis de plaguicidas organoclorados se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita en la sección IV.2.1. Las muestras fueron envasadas en bandejas de aluminio con tapa hermética, conservadas en frío en campo y congeladas para su envío al laboratorio.

IV.4.2. Análisis de plaguicidas organoclorados – Laboratorio actuante.

Los análisis de plaguicidas organoclorados se llevaron a cabo en el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad del Nacional del Comahue – Neuquén (Facultad de Ingeniería -Departamento Química).

Los análisis fueron realizados por cromatografía en fase gaseosa con detector de captura electrónica (ECD), de acuerdo al método descrito en “Analysis of Pesticide Residues in Human and Environmental Samples- Organochlorine and Organophosphorus Insecticides in Bottom Sediments, Section 11,B Page 1 – US Environmental Protection Agency”.

IV.4.3. Resultados

Tabla 20. Concentración de plaguicidas organoclorados en sedimentos de fondo de canales de drenaje

Estación Nº	Sitio	Perfil	Plaguicidas organoclorados ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
XI	canal de drenaje Valle Verde	s	pp'DDE: 0,06
		i	pp'DDE: 0,24
XV	canal de drenaje-descarga cloacal de 25 de Mayo (dren del Oeste)	s	α -clordano: 1,046 pp'DDE: 0,5 pp'DDD: 0,26 pp'DDT: 0,118
		m	α -clordano: 0,256 pp'DDE: 0,317 pp'DDD: 0,168 pp'DDT: trazas
		i	α -clordano: trazas pp'DDE: 0,375

Tabla 20 (continuación)

		s	pp'DDE: 1,755 pp'DDD: trazas pp'DDT: 2,325
XVI	canal de drenaje 25 de Mayo (dren del Este)	m	pp'DDE: 0,33 pp'DDD: 0,166 pp'DDT: 0,48
		i	pp'DDE: 0,2
		s	pp'DDE: 0,274 pp'DDD: 0,076 pp'DDT: 0,149
XX	canal de drenaje Catriel	m	α -clordano: 0,317 pp'DDE: 0,5 pp'DDD: 0,92 pp'DDT: 0,088
		i	α -clordano: 0,067 pp'DDE: 0,154

Trazas: cantidad inferior al límite de cuantificación; L.Cpp'DDE: 0,001 ppb; LC α -clordano, pp'DDD y pp'DDT: 0,01 ppb.
Perfiles: s: superior; m: medio; i: inferior.

Tabla 21. Valores guía para la protección de la vida acuática para plaguicidas organoclorados en sedimentos de fondo.

Plaguicida	Valor guía ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Clordano	2,26
DDD	1,22
DDE	2,07
DDT	1,19

De acuerdo a los valores guía que figuran en la Tabla 21, solamente resulta excedido el DDT en el perfil superior de la estación XVI (Tabla 20).

IV.4.4. Discusión

Los análisis de las muestras de sedimentos de fondo, obtenidas en los canales de drenaje de los sistemas de riego del río Colorado, han revelado la presencia de plaguicidas organoclorados representados por DDT y sus metabolitos y α -clordano. Estos plaguicidas, de uso prohibido fueron empleados extensamente en el pasado. Su persistencia en el medio ambiente hace que sean detectados en la actualidad.

Los niveles de plaguicidas encontrados, sólo exceden el valor guía para la protección de la vida acuática en el caso del DDT, en el perfil superior en la estación XVI. En el resto de los canales las concentraciones son inferiores a los respectivos valores guía.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



V.1. CONCLUSIONES

De la evaluación de los resultados del presente estudio surgen las siguientes conclusiones:

1. Los datos obtenidos en el monitoreo de columna líquida para verificar la aptitud del agua para ser usada como fuente de suministro de agua potable, de acuerdo a estándares nacionales e internacionales, han indicado que el agua es apta para ese fin.
2. La calidad del agua, en relación con la posible presencia de sustancias tóxicas, resultó adecuada para su uso en irrigación y ganadería, de acuerdo a estándares internacionales.
3. El desarrollo actual de las técnicas analíticas disponibles en los laboratorios de la especialidad, seleccionados en el país, determinó que la calidad del agua no ofrece condicionantes para la vida acuática.
4. La investigación de sustancias tóxicas en los sedimentos de fondo no ha indicado, en el área de estudio, la existencia de una situación anormal ni ha puesto de manifiesto una alteración de los mismos, que los señale como una fuente potencial de reciclado de dichas sustancias hacia la columna líquida.
5. Si bien el muestreo no fue representativo para arribar a una definitiva conclusión, la investigación, con carácter preliminar, de sustancias tóxicas en músculo de las especies de peces existentes en el área, ha revelado la ocurrencia de niveles de mercurio y selenio, en concentraciones que podrían superar los límites para un consumo sin restricciones. Se debe continuar el estudio, procurando en próximas etapas, capturas representativas atento las recomendaciones internacionales.
6. No han sido detectados hidrocarburos aromáticos polinucleares, con los niveles de detección empleados, en ninguna de las muestras de peces analizadas.
7. Los niveles y tipos de plaguicidas hallados en peces capturados en áreas agrícolas, son los habituales en la región y no indican restricciones al consumo de los mismos.
8. Las observaciones del impacto en la calidad del agua, en cuerpos receptores que reciben descargas cloacales, no indican una situación preocupante con respecto al posible deterioro de la calidad del agua del río, el cual es el receptor final de las mismas.
9. Las cargas de sales provenientes de los drenajes agrícolas no alteran la calidad del agua para los usos previstos.

V.2. RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos y con el objeto de completar las observaciones realizadas, pueden formularse las siguientes recomendaciones:

1. Profundizar la investigación en columna líquida, en relación con la protección de la vida acuática, con ensayos de ecotoxicidad, a fin de completar el panorama obtenido a través de las mediciones de sustancias tóxicas .
2. Ampliar las investigaciones de metales, metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en peces, procurando mayores capturas de acuerdo a las recomendaciones en normas internacionales.
3. Realizar ensayos de ecotoxicidad, en relación con la protección de la vida acuática, con sedimentos de fondo en sitios de descarga y en el embalse Casa de Piedra, con el fin de profundizar las investigaciones llevadas a cabo mediante análisis químicos.
4. Realizar estudios de especiación de metales y metaloides en sedimentos de fondo, en relación con la protección de la vida acuática, en los sitios indicados en el apartado anterior, con el fin de determinar la biodisponibilidad de algunos de ellos.
5. Mantener un monitoreo de columna líquida, con una frecuencia menor, en relación con los HAPs y algunos de los metales y metaloides estudiados en la presente etapa.
6. Continuar el estudio de las cargas de nutrientes al embalse Casa de Piedra, incluyendo otras fuentes no evaluadas hasta ahora.

REFERENCIAS

- Alcalde, R., Daurade, L., Gil, M.I., Ibarrola, L., 1997, Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema del Río Colorado-Embalse Casa de Piedra y de las Fuentes de Descarga al Río, COIRCO.
- Allan, R. J., 1997, Long Range Atmospheric, Non-point Source, Mercury Contamination of Remote Freshwater Ecosystems in Canada, *In* Proceedings of International Conference on Lakes Conservation and Management, oct. 26-31, San Martín de los Andes, Argentina.
- APHA, AWWA, WEF, 1992, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed.
- Baigun, C. and Marinone, M.C., 1995, Cold-Temperate Lakes of South America: do they fit Northern Hemisphere Models?. *Arch. Hydrobiol.* **135**: 23-51.
- Baudo, R., 1990, Sediment Sampling, Mapping and data Analysis, *In* Sediments: Chemistry and Toxicity of In-Place Pollutants, (Baudo, R., Giesy, J. and Muntau, H. eds.), Lewis Publisher, Boca Raton, Florida
- Bertine, K. K. and Goldberg, E.D., 1971, Fossil fuel combustion and the major sedimentary cycle. *Science* **173**:233-235 (citado en Environment Canada 1987)
- Brooks, R. R., 1977, Pollution through Trace Elements, in Environmental Chemistry, J. O' M. Bockris ed. Plenum Press, New York, 1977, 795 pp
- CCREM, 1987, Canadian Water Quality Guidelines.
- CCREM (Canadian Council of Resource and Environment Ministers), 1991, A Protocol for the Derivation of Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, Canadian Water Quality Guidelines, App. IX
- CCME, 1993, Guidance Manual on Sampling, Analysis, and Data Management for Contaminated Sites, Volume I: Main Report – Report CCME EPC-NCS62E
- CCME, 1999a, Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, Canadian Environmental Quality Guidelines, Environment Canada
- CCME, 1999b, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Water Uses, Canadian Environmental Quality Guidelines, Environment Canada
- Choi, S. -C, and Bartha, R., 1993, Cobalamin-Mediated Mercury Methylation by *Desulfovibrio desulfuricans* LS, *Appl. Environ. Microbiol.* **59**: 290-295
- Choi, S. -C, Chase, Jr., T. and Bartha, R., 1994, Enzymatic Catalysis of Mercury Methylation by *Desulfovibrio desulfuricans* LS, *Appl. Environ. Microbiol.* **60**: 1342-1346
- Compeau, G.C., and Bartha, R., 1985, Sulfate-reducing bacteria: principal methylators of mercury in anoxic estuarine sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* **50**: 489-502
- del Valle, A. E. y Nuñez, P., 1990, Los Peces de la Provincia del Neuquén, JICA-CEAN, Junín de Los Andes, 86 pp.
- Demayo, A., Taylor, M.C. and Reeder, S.W., 1979, Selenium, in Guidelines for Surface Water Quality. Vol. 1 Inorganic Chemical Substances. Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa
- Dillon, P.J. and Rigler, F.H., 1974, A Test of a Simple Nutrient Budget Model Predicting the Phosphorus Concentration in Lake Water, *J. Fish. Res. Board. Can.* **31**: 1771-1778
- D'Itri, F. M., 1990, The Biomethylation and Cycling of Selected Metals and Metalloids in Aquatic Sediments, in Sediments: Chemistry and Toxicity of In-Place Pollutants, Renato Baudo, John P. Giesy and Herbert Muntau eds., Lewis Publishers Ann Arbor, U.S.A., pp. 163-214.
- Förstner, U, 1990, Inorganic Sediment Chemistry and Elemental Speciation, *In*: Sediments: Chemistry and Toxicity of In-Place Pollutants, (Baudo, R., Giesy, J. and Muntau, H. eds.), Lewis Publisher, Boca Raton, Florida
- Gaskin, J. E., 1993, Quality Assurance in Water Quality Monitoring, Ecosystem, Sciences and Evaluation Directorate, Conservation and Protection Environment Canada Ottawa, Ontario.
- Gerstenberger, S. L., 1993, Mercury Concentrations of Walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) in 34 Northern Wisconsin Lakes, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **50**:612- 617
- Gilbert, V.M., Del Ponti, O.D., Doma, I.L. y Wrede, M.A., 1995, Dinámica de Poblaciones de Peces del Embalse Casa de Piedra, Convenio COIRCO -UNLPam.

- Grondin, A., Lucotte, M., Mucci, A., and Fortin, B., 1995, Mercury and Lead Profiles and Burdens in Soils of Quebec (Canada) before and after Flooding, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **52**:2493-2506.
- Håkanson, L. and Jansson, M., 1983, *Principles of Lake Sedimentology*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Health Canada, 1998, *Summary of Guidelines for Canadian Drinking Water Quality*.
- Health and Welfare Canada, 1980. Selenium. In *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 1978*. Supporting Documentation. Supply and Services Canada, Ottawa, pp. 541-554. (citado en *Environmen Canada 1987*)
- Hildebrand, S. G., Andren, A.W., and Huckabee, J. W., 1976, Distribution and Bioaccumulation of Mercury in Biotic and Abiotic Compartments of a Contaminated River-Reservoir System, *Workshop on Toxicity to Biota of Metal Forms in Natural Waters*. Great Lakes Advisory Board, pp 211-232
- Jackson, T.A., 1997, Long-Range Atmospheric Transport of Mercury to Ecosystems, and the Importance of Anthropogenic Emissions – A Critical Review and Evaluation of the Published Evidence, *Environ. Rev.* **5**: 99-120
- Lee, Y.-H., and H. Hultberg, 1990. Methylmercury in some Swedish surface waters. *Environ Toxicol. Chem.* **9**:833-841 (citado por Montgomery et al. 1995)
- Lucotte, M., Mucci, A., Hillaire-Marcel, P. Pichet and Grondin, A., 1995, Anthropogenic Mercury Enrichment in Remote Lakes of Northern Québec (Canada), *Water, Air, and Soil Pollution* **80**:467-476
- Montgomery, S, Mucci, A., Lucotte, M. and Pichet, P. 1995, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **52**:2483-2492
- Mudroch, A. and MacKnight, S.D., 1991, *Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling*, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Natale, O., Gomez, C.E., Vermeulen, J.D., Casamiquela, C. H., Pechen de D'Angelo, A., Loewy, M., Alcalde, R., Verniere, B.V., Schultz, F., Cardot, L.M., 1995, *Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales – Anexo 2 – Estudio de Caso – Plaguicidas en el Río Negro – Argentina – Organización Panamericana de la Salud (OPS) – Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH), versión preliminar enviada al CEPIS para su edición.*
- Neff, J.M., 1985, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, In: *Fundamentals of Aquatic Toxicology*, Rand, G.M. and Petrocelly, R.S., eds.), Taylor and Francis.
- OECD, 1982, *Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment, and Control*, Paris, 154 pp.
- Ontario, 1997, *Guide to Eating Ontario Sport Fish*, Ministry of Environment and Energy, Ontario Canada.
- Quirós, R., 1988, Relationships between Air, Temperature, Depth, Nutrients and Chlorophyll in 103 Argentinian Lakes, *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **23**: 647-658
- Roesijadi, G. and Robinson, W.E., 1994, Metal Regulation in Aquatic Animals: Mechanisms of Uptake, Accumulation and Release, in *Aquatic Toxicology: Molecular, Biochemical and Cellular Perspectives*, Donald C. Malins and Gary K. Ostrander eds., CRC, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, pp 387-420.
- Rognerud, S. and Fjeld, E., 1993, Regional Survey of Heavy Metals in Lake Sediments in Norway, *AMBIO* **22**: 206-212
- Schroeder, W.H. and Munthe, J., 1998, Atmospheric Mercury – An Overview, *Atmospheric Environ.* **32**: 809-822
- Servicio Nacional de Sanidad Animal (SENASA), 1994, *Normas Sanitarias para los Productos de la Pesca*, Suplemento Edición N° 76 de la Revista REDES, de la Industria Pesquera Argentina, pp 1-16
- Slemr, F. and Langer, E., 1992. Increase in Global Atmospheric Concentrations of Mercury inferred from Mmeasurements over the Atlantic Ocean. *Nature (London)* **355**:434-437. (citado por Montgomery, S. et al 1995)
- Stein, E. D., Cohen, Y, and Winer, A. M., 1996, Environmental Distribution and Transformation of Mercury Compounds, *Critical Rev. in Environ. Sci. and Technol.* **26**:1-43
- US EPA, 1985, *Methods Manual for Bottom Sediment Sample Collection*
- US EPA, 1993, *Integrated Risk Information System (IRIS) Database*, Washington, D.C.: Office of Health and Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency.
- US EPA, 1997, *Selenium and Compounds*, in *Integrated Risk Information System (IRIS) Database*, Washington, D.C.: Office of Health and Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency.

- 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 DC.
- World Health Organization (WHO), 1993, Mercury, in Guidelines for Drinking-Water Quality, Second Edition, Volume 1, Recommendations, Geneva, 188 pp.
- Yunker, M.B. and Macdonald, R.W., 1995, Composition and Origins of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Mackenzie River and on the Beaufort Sea Shelf, *Arctic* 48: 118-129
- Zedeck, M.S., 1980, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: A Review, *Journal of Environ. Pathol. and Toxicol.* 3: 537-567



