



Comite Interjurisdiccional del Río Colorado  
Secretaría de Energía de la Nación  
Grupo Interempresario

Programa Integral  
de Calidad de Aguas del Río Colorado

# CALIDAD del MEDIO ACUATICO

Ciclo 2012



## **COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO (COIRCO)**

### **Consejo de Gobierno**

Presidente:

MINISTRO DEL INTERIOR Y DE TRANSPORTE      Cdor. Aníbal Florencio Randazzo

Integrantes

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	Don Daniel Scioli
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA	Cr. Oscar Jorge
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE MENDOZA	Dr. Francisco Pérez
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DEL NEUQUÉN	Dr. Jorge Sapag
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO	Don. Alberto Weretilneck

### **Comité Ejecutivo**

Presidente

REPRESENTANTE DE LA NACIÓN      Ing. Miguel A. Boyero

REPRESENTANTES PROVINCIALES TITULARES Y ALTERNOS

BUENOS AIRES	Ing. Mauricio J. Pereyra; Mariano Ing Dupuy
LA PAMPA	Ing. Néstor P. Lastiri
MENDOZA	Agr. Gerardo R. Vaquer; Ing. Mariano Pombo
NEUQUÉN	Inga. Marcela S. González; Ing. Horacio Carvalho
RÍO NEGRO	Ing. Juan L. Gardes; Ing. Carlos A. Yema

GERENTE TÉCNICO      Ing. Juan E. Perl

### **SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN**

SECRETARIO DE ENERGÍA	Ing. Daniel O. Cameron
DIRECTOR NACIONAL DE EXPLORACIÓN, PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS	Dr. Gerardo Gallardo

### **COMISIÓN TÉCNICA FISCALIZADORA (CTF)**

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

### **GRUPO INTEREMPRESARIO**

YPF SA; Petrobras Energía SA; Chevron Argentina SRL; Oldelval SA;  
Petrolera Entre Lomas SA; Pluspetrol - Petro Andina Resources Ltd;  
Gran Tierra - Petrolifera Petroleum Américas Ltd; Medanito SA; San Jorge Petroleum SA;  
Petroquímica Comodoro Rivadavia SA y Apache Energía Argentina SRL.

Hoja en Blanco

PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE  
AGUAS DEL RÍO COLORADO  
AÑO 2012

SUBPROGRAMA CALIDAD DEL MEDIO ACUÁTICO

COORDINACIÓN Y DIRECCIÓN GENERAL  
Ing. Juan Enrique Perl

AUTOR  
Bioq. Ricardo Alcalde

PARTICIPACIÓN Y COLABORACIÓN  
Lic. Paola Carolina Selzer  
Ing. Inés Uribe Echevarría  
Ing. Ricardo Coppo  
Ing. Fernando Oscar Andrés



Aprobado por el Comité Ejecutivo del COIRCO, en reunión ordinaria mensual, celebrada el 2 de agosto de 2013, con la presencia de los representantes provinciales y del representante de la Nación, en ejercicio de la Presidencia. Se autoriza la utilización de la información que contiene, siempre que se cite la fuente.



---

PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE  
AGUAS DEL RÍO COLORADO  
AÑO 2012

SUBPROGRAMA CALIDAD DEL MEDIO ACUÁTICO


---

CONTENIDO

1.- Subprograma Calidad del Medio Acuático	9
2.- Calidad del Agua	25
3.- Sedimentos de Fondo	83
4.- Sustancias tóxicas en músculo de peces	131
Conclusiones y Recomendaciones	153
Anexo I: Metales y metaloides en columna de agua	157
Anexo II: Hidrocarburos aromáticos polinucleares en columna de agua	191
Anexo III: Ensayos ecotoxicológicos con agua	243
Anexo IV: Metales y metaloides en sedimentos de fondo	247
Anexo V: Hidrocarburos aromáticos polinucleares en sedimentos de fondo	255
Anexo VI: Ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo	265
Anexo VII: Metales y metaloides en músculo de peces	273
Anexo VIII: Hidrocarburos aromáticos polinucleares en músculo de peces	281
Anexo IX: Conductividad eléctrica, sales y concentraciones iónicas	295
Glosario	299
Agradecimientos	307

Hoja en Blanco



The background of the cover is a vibrant green, featuring a close-up of a plant stem with several clear water droplets of varying sizes. The droplets are in sharp focus, reflecting light and creating a sense of freshness and purity. In the upper left corner, there is a white circular graphic with a green border, containing the title text. The overall aesthetic is clean, natural, and environmentally focused.

Subprograma  
Calidad del Medio  
Acuático

Capítulo 1



## **1.1 Introducción**

## **1.2 La cuenca del río Colorado**

1.2.1 Características del río Colorado

1.2.2 Aspectos hidrológicos

1.2.3 Registros de lluvias en la cuenca

1.2.4 Registros de conductividad eléctrica

1.2.5 Sólidos disueltos totales e iones principales

1.2.6 Usos del agua en la cuenca

## **1.3 Área de estudio**

Hoja en Blanco

## 1.1 Introducción

La gestión integrada del recurso hídrico de la cuenca del río Colorado está a cargo del Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO), junto con las cinco provincias condóminas de las aguas, es decir, Buenos Aires, La Pampa, Mendoza, Neuquén y Río Negro (Figura 1.1), y la activa participación del Estado Nacional a través del ejercicio de la Presidencia del Comité Ejecutivo y el Consejo de Gobierno.



Fig. 1.1. Cuenca del Río Colorado, comprende territorio de las Provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires.

La gestión integrada implica el accionar de distintas disciplinas, para asegurar los objetivos del Acuerdo del Colorado, es decir, uso para abastecimiento humano, riego, ganadería, industrial, petrolero y minero, y generación hidroeléctrica.

Inicialmente los esfuerzos del COIRCO se centralizaron en las variables de control que intervinieron en el Modelo de Distribución de las Áreas de Riego de la Cuenca del Río Colorado, es decir, caudal y conductividad eléctrica, extendiéndose a los principales cationes vinculados a la aptitud del agua como fuente para abastecimiento humano, riego y consumo de ganadería.

Transcurrida una década del accionar del COIRCO, las provincias ampliaron las facultades del organismo, en particular en lo concerniente las cuestiones ambientales. En tal sentido, y en cumplimiento que aquellas facultades, se ampliaron los análisis vinculados a la calidad del agua, diagramando el Programa Integral de Calidad de Aguas del río Colorado.

El mismo está compuesto por un conjunto de subprogramas (Figura 1.2), abarcando diferentes aspectos inherentes a la calidad del recurso. A través

de distintos subprogramas, se evalúa la presencia y significación en el ambiente acuático de diferentes sustancias, las cuales podrían tener su origen en las diversas actividades desarrolladas en la cuenca.

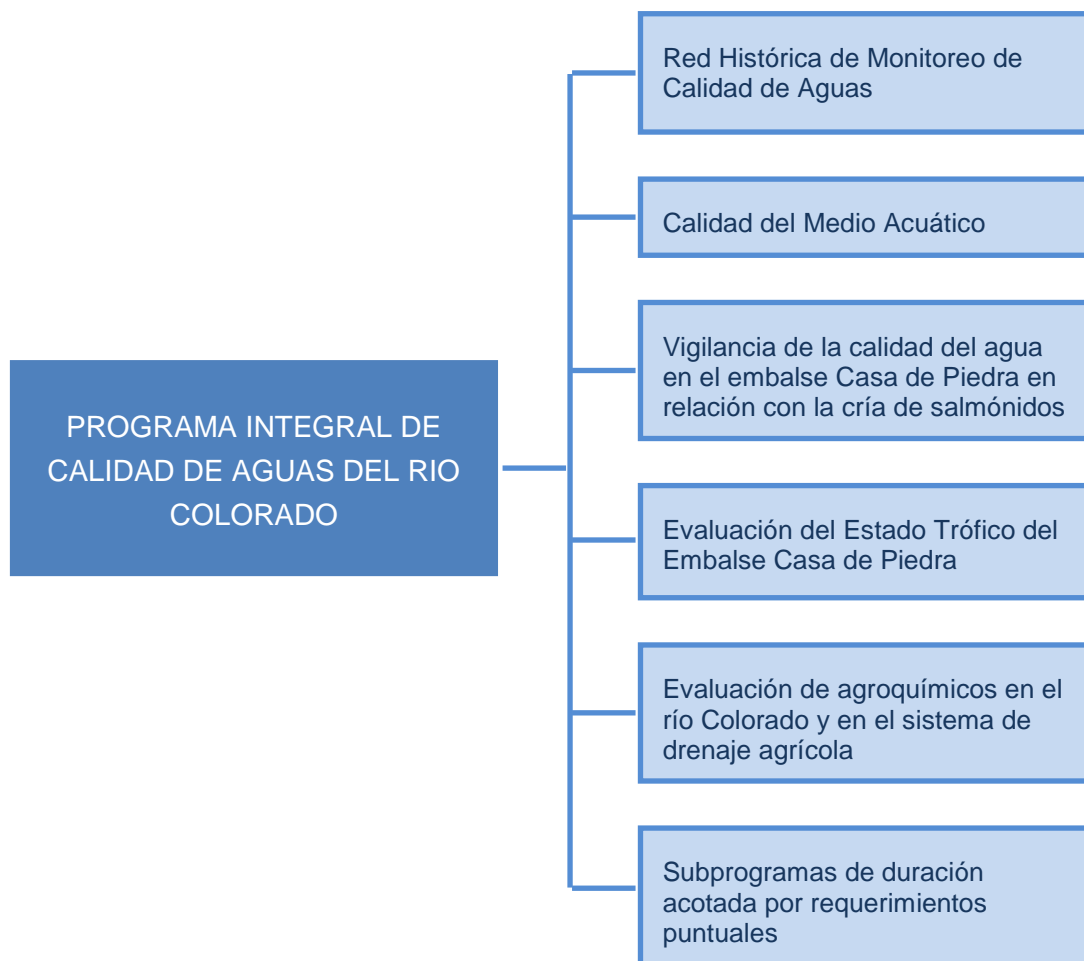


Fig. 1.2. Esquema simplificado del Programa Integral de Calidad de Aguas implementado en la Cuenca del Río Colorado.

En particular, el presente informe corresponde al Subprograma Calidad del Medio Acuático, y se presentan valores medios del Subprograma Red Histórica de Monitoreo de Calidad de Aguas. Este último subprograma fue el primero implementado por el COIRCO, a la fecha cumple 40 años de ejecución ininterrumpida realizando muestreos y análisis en estaciones de los ríos Grande, Barrancas y Colorado, e inclusive en afluentes del río Grande.

El diseño del mencionado Subprograma de Calidad del Medio Acuático (Figura 1.3) se basó en el diagnóstico logrado a través de un extenso relevamiento de la calidad del recurso y de las fuentes potenciales de contaminantes. Ejecutado entre 1997 y 1999, tiene como objetivo evaluar en forma permanente la posible incidencia de fuentes naturales y de las diferentes actividades productivas y de los asentamientos poblacionales existentes en el área.

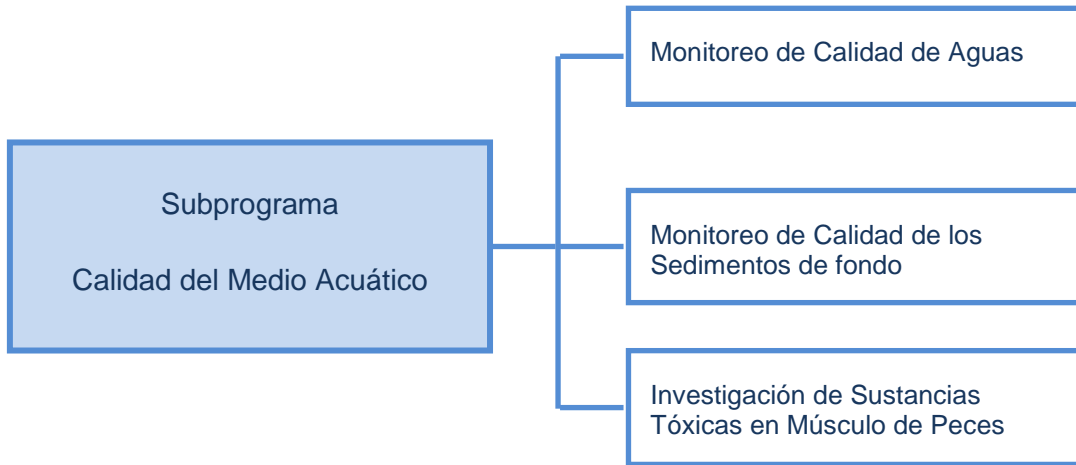


Fig. 1.3. Estudios incluidos en el Subprograma Calidad del Medio Acuático.

Las sustancias provenientes de fuentes naturales están vinculadas a la litología de la alta cuenca, ubicada en la Cordillera Principal, en un área de intenso vulcanismo en el pasado, representada por rocas de este origen, las cuales contienen metales pesados en su composición. A través de fenómenos de meteorización se produce la movilización de dichas sustancias posibilitando su ingreso en el ambiente acuático (Figuras 1.4 y 1.5).

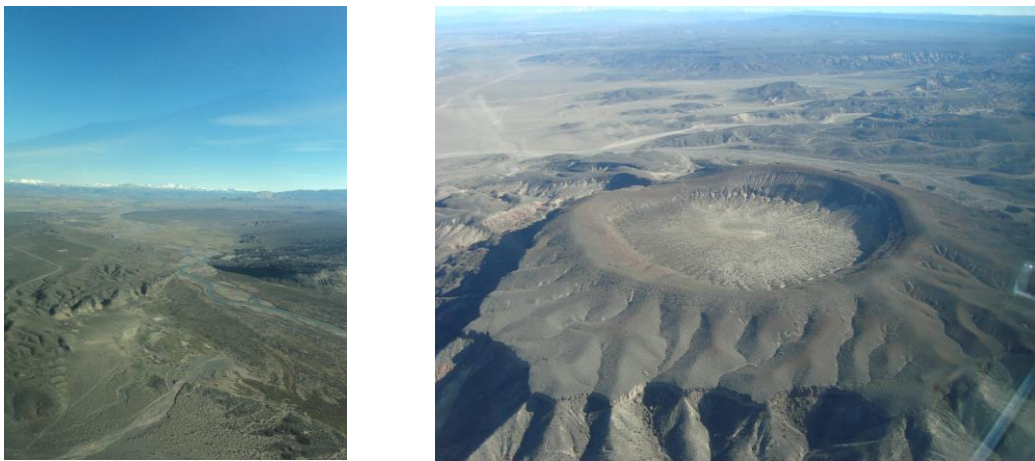


Fig. 1.4 y 1.5: Cordillera y volcanes en la cuenca del río Grande y Colorado.

Las fuentes antrópicas de contaminantes están constituidas por la explotación petrolera (Fig. 1.6), los asentamientos poblacionales (Fig. 1.7 y 1.8) y la agricultura (Fig. 1.8). Dichas fuentes son potenciales generadoras de sustancias tales como hidrocarburos, metales y agroquímicos.



Fig. 1.6. Explotación petrolera en Desfiladero Bayo



Fig 1.7. Asentamientos poblacionales, Rincón de los Sauces (Neuquén)



Fig 1.8 Agricultura y asentamientos poblacionales, 25 de Mayo (LP) y Catriel (RN)

El efecto de los mencionados contaminantes sobre la calidad del ambiente acuático es evaluado con referencia a los usos que se desea proteger. Dichos usos son: fuente de agua potable, en irrigación, para bebida del ganado y medio para el desarrollo de la vida acuática. La aptitud del agua para dichos usos se define en función de las concentraciones detectadas de las sustancias seleccionadas, las cuales son contrastadas con valores guía internacionales.

La evaluación de la calidad del ambiente acuático, en relación con la protección de la vida acuática, se completa a través de la investigación de la presencia de sustancias tóxicas en los sedimentos de fondo, tomándose como referencia valores guía internacionales.

La investigación de estas sustancias, en relación con los diferentes usos, apunta a la detección de niveles de concentración vinculados con efectos tóxicos crónicos. Dichos niveles son extremadamente bajos, lo cual requiere que tanto las operaciones de muestreo como los análisis en laboratorio sean ejecutados bajo un riguroso programa de aseguramiento de la calidad. De este modo es posible garantizar la calidad de los datos que posteriormente van a dar sustento al manejo de la calidad del agua en la cuenca.

Los resultados del monitoreo basado en el análisis químico, son confirmados y ampliados a través de ensayos de ecotoxicidad crónica efectuados con agua y sedimentos de fondo.



Con el fin de establecer riesgos potenciales para la salud humana en el marco del Subprograma, se monitorea la presencia de sustancias tóxicas en las partes comestibles de diferentes especies de peces presentes en el sistema del río Colorado.

A partir de los resultados del monitoreo de aguas, sedimentos de fondo y peces tiene lugar la elaboración de información sobre la calidad de aguas, la cual es difundida en forma permanente a distintos sectores de la comunidad (gubernamentales, científico-técnicos, educativos y público en general) a través de distintos medios (informes técnicos como el presente, folletos de divulgación, publicación en Internet en la página oficial del COIRCO, audiencias públicas, charlas en establecimientos escolares y en agrupaciones de productores rurales, etc.).

El presente informe contiene los resultados obtenidos en el ciclo de estudio 2012, cuyo diseño se basó en las recomendaciones del ciclo anterior, las cuales eran las siguientes:

### **"Recomendaciones"**

- *Continuar con el monitoreo de metales/metaloides e hidrocarburos en columna de agua con el fin de obtener una evaluación permanente de la calidad del agua en el sistema del río Colorado.*
- *Mantener los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua del río Colorado en los sitios evaluados en el presente ciclo, como complemento del análisis químico.*
- *Mantener el monitoreo de metales/metaloides y HAPs y la realización de ensayos ecotoxicológicos en sedimentos de fondo en las estaciones muestreadas en el presente ciclo, procurando establecer las causas de los resultados obtenidos en estos últimos.*
- *Continuar con el monitoreo de sustancias tóxicas en músculo de peces, a fin de contar con información actualizada sobre la variación en el tiempo de las concentraciones de metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares. Para estos últimos se debe procurar alcanzar límites de cuantificación más bajos que los empleados hasta el presente y obtener capturas de mayor número de ejemplares de algunas especies.*

Entre las conclusiones obtenidas en el presente ciclo, se destaca que el agua del río es apta para los usos previstos como fuente de agua potable, en irrigación, ganadería y uso industrial, además de usos recreativos y como medio para el desarrollo de la vida acuática.

## 1.2 La Cuenca del río Colorado

La Cuenca del río Colorado (Figura 1.1) es la cuenca interprovincial de la Argentina, que cuenta con un Acuerdo de Distribución de Caudales, el cual por sí solo es un hecho por demás significativo, y que fue motivo de otros logros, que en su conjunto favorecen el fortalecimiento de las relaciones

interjurisdiccionales, así como los derechos y deberes de los usuarios del recurso hídrico compartido.

### 1.2.1 Características de los ríos que integran la Cuenca

El río Colorado, perteneciente al grupo de los ríos patagónicos de vertiente atlántica, está formado por la confluencia de los ríos Grande y Barrancas. Desde sus orígenes en la Cordillera de los Andes, hasta su desembocadura en el Océano Atlántico, presenta una extensión de 1.200 kilómetros, de los cuales 920 km corresponden al Colorado propiamente dicho (Figura 1.9).

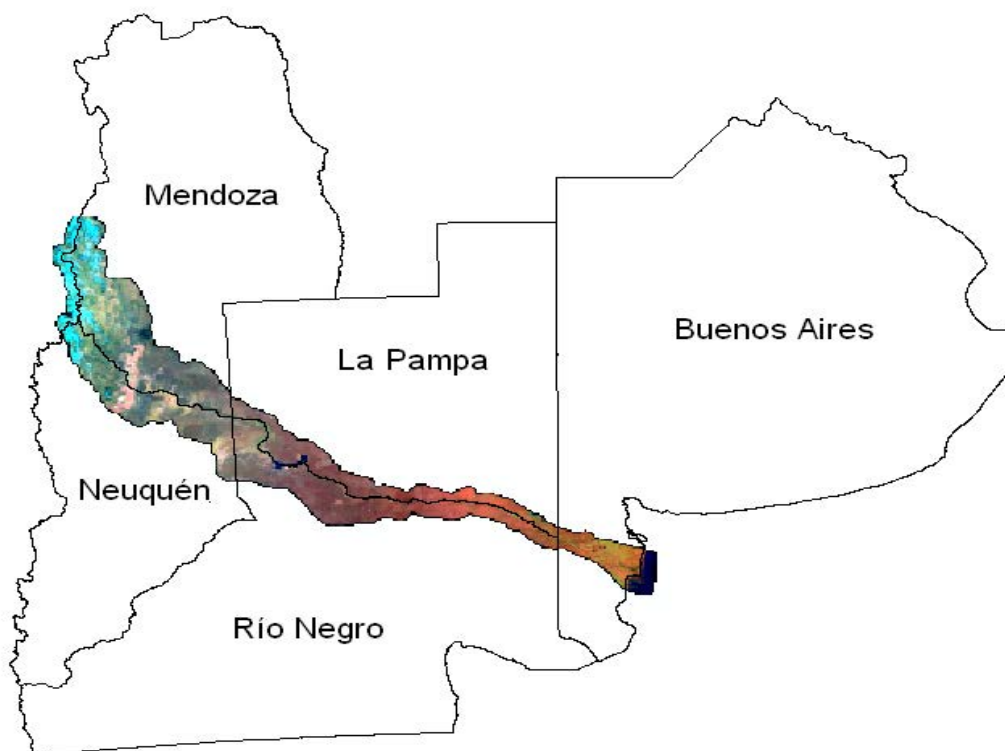


Fig. 1.9 – Imagen satelital de la cuenca del río Colorado abarcando el área de su nacimiento en la cordillera y su desembocadura en el Océano Atlántico (corresponde a GIS realizado a partir de trabajo de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación).

## Río Grande

El Río Grande nace en la confluencia de los ríos Cobre y Tordillo (Figuras 1.10 y 1.11) **aproximadamente a los 35°48'03,83" S y 70°05'02,67" O**, en la Cordillera Principal, cercano al límite con Chile. Su caudal promedio anual registrado en la estación de aforo La Gotera es 107.9 m<sup>3</sup>/s para el período 1971-2012 (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación), y recorre 257 km antes de su confluencia con el río Barrancas para formar el Colorado.



Fig. 1.10 – Río Grande en proximidades de Bardas Blancas

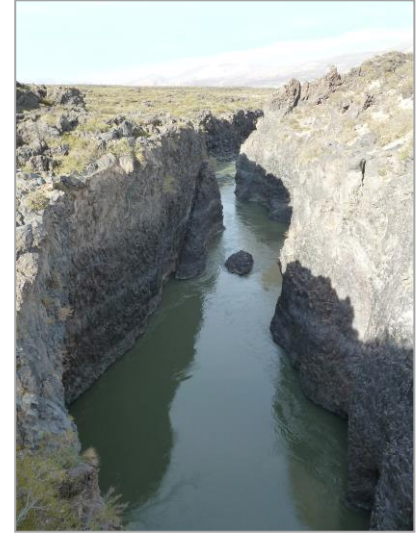


Fig. 1.11 – Río Grande en proximidades Pasarela Aguirre.

## Río Barrancas

Nace en la Cordillera de Los Andes (Figuras 1.12 y 1.13), próximo al límite internacional con Chile. Su caudal promedio anual registrado en la estación Barrancas es 36,5 m<sup>3</sup>/s para el período 1960 – 2011 (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación).



Fig. 1.12 – Río Barrancas aguas abajo de la Laguna Carrelauquen



Fig. 1.13 – Río Barrancas aguas arriba de la confluencia con el río Grande

## Río Colorado

Se origina en la confluencia de los ríos Grande y Barrancas aproximadamente a los  $36^{\circ}52'13''$  S y  $49^{\circ}45'36''$  O. Sus aguas son compartidas por las provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires, que lo convierten en una cuenca hídrica interprovincial (Figuras 1.14 y 1.15)



Fig. 1.14 – Naciente del río Colorado en la confluencia de los ríos Grande y Barrancas



Fig. 1.15 – Río Colorado entre Puesto Molina y Puesto Hernández

## 1.2.2 Aspectos hidrológicos

El río Colorado es de régimen nival, con crecidas que tienen inicio en los meses de octubre o noviembre, y que se extienden hasta los meses de enero o febrero, dependiendo de las condiciones climáticas. Por tal motivo, los ciclos hidrológicos se definen desde el 1° de julio al 30 de junio del año siguiente.

La estación de aforo de Buta Ranquil del río Colorado, ubicada inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos Grande y Barrancas, dispone de una serie de registros diarios de caudales desde julio 1940 a junio 2012 (Fuente Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación). De la última publicación disponible de la Estadística Hidrológica, elaborada por dicha Subsecretaría, el derrame medio anual es de 4.662 hm<sup>3</sup>, equivalente a un módulo de 148,3 m<sup>3</sup>/s. El derrame máximo anual fue de 9.151 hm<sup>3</sup> para el ciclo 1982-1983, mientras que el derrame mínimo registrado corresponde al ciclo hidrológico 1968 – 1969 (1.658 hm<sup>3</sup>).

En la Figura 1.16, se visualiza la distribución de la mencionada serie, actualizada al 30 de junio 2013, complementada con datos propios de COIRCO.

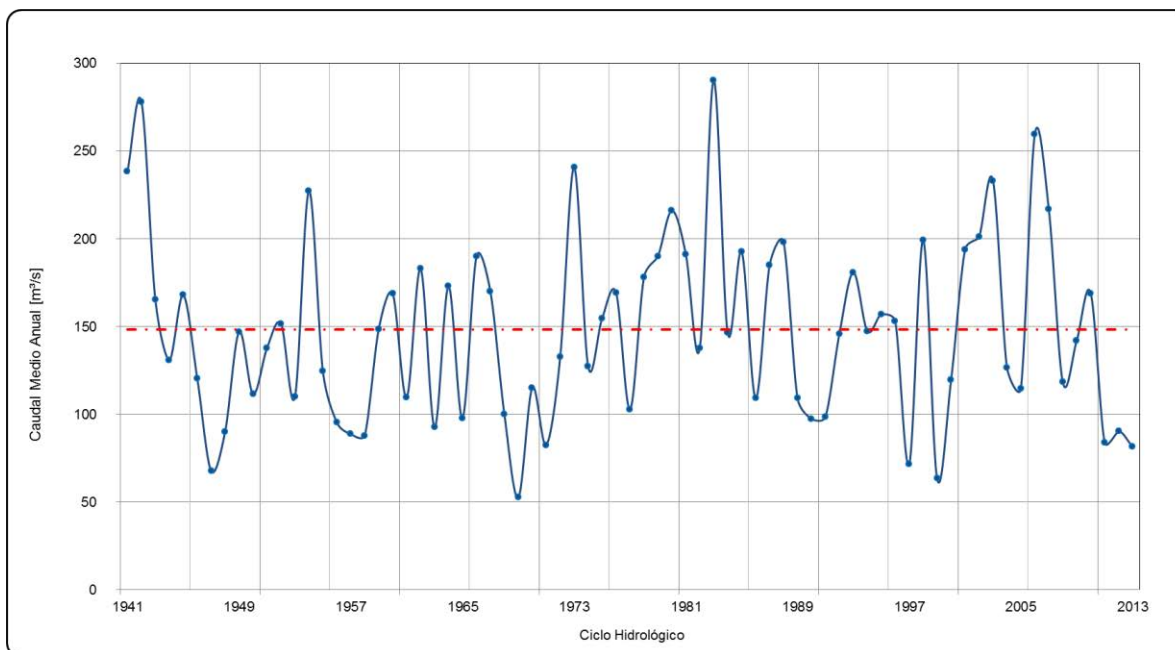


Fig. 1.16 - Serie de caudales medios anuales del río Colorado en la estación de aforos de Buta Ranquil, aguas abajo de la confluencia de los ríos Grande y Barrancas.

Si bien se indicó que el río Colorado tiene un comportamiento claramente nival, presenta crecidas pluviales, generalmente entre los meses de febrero y agosto. Estas crecidas pueden alcanzar caudales instantáneos importantes, aunque el derrame asociado no es significativo, dado que su permanencia es breve.

En efecto, el caudal máximo instantáneo registrado en la estación Buta Ranquil, corresponde al 27 de diciembre de 1982, con 1.230 m<sup>3</sup>/s, debido a fusión nival; y el segundo máximo histórico se alcanzó el 23 de mayo de 2008 con 1.050 m<sup>3</sup>/s, originado por lluvias en las cuencas de los ríos Grande y Barrancas.

El instrumental instalado en la estación de Buta Ranquil permite obtener lecturas diarias de escala hidrométrica y registros de limnógrafo cada 5 minutos; además, se realizan aforos semanales, quincenales y mensuales, variable con los meses del año, y en situaciones singulares de crecidas. A partir de la información de campo, procesada en gabinete, se obtienen caudales medios diarios y mensuales.

En la Tabla 1.1 y la Figura 1.17, se indican los valores de caudales promedios mensuales, y caudales instantáneos máximos y mínimos mensuales para el año calendario 2012, con registros suministrados por el Ente Ejecutivo Presa Embalse Casa de Piedra, en cumplimiento con las Normas de Manejo de Aguas del Embalse.

Tabla 1.1 Caudales en el Río Colorado, estación Buta Ranquil durante el año 2012.

<b>Caudales mensuales en Buta Ranquil [m<sup>3</sup>/s] – Año 2012</b>												
	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>Máximo instantáneo</b>	137	77	49	55	318	137	90	62	100	113	178	161
<b>Promedio mensual</b>	71	60	60	47	44	65	61	56	59	83	113	120
<b>Mínimo instantáneo</b>	96	68	56	49	67	80	68	59	83	96	151	133

Los valores máximos y mínimos se refieren a registros instantáneos. Se usan fórmulas HQ, de utilidad para la gestión operativa en la cuenca. Los promedios mensuales corresponden a los promedios de los valores medios diarios.

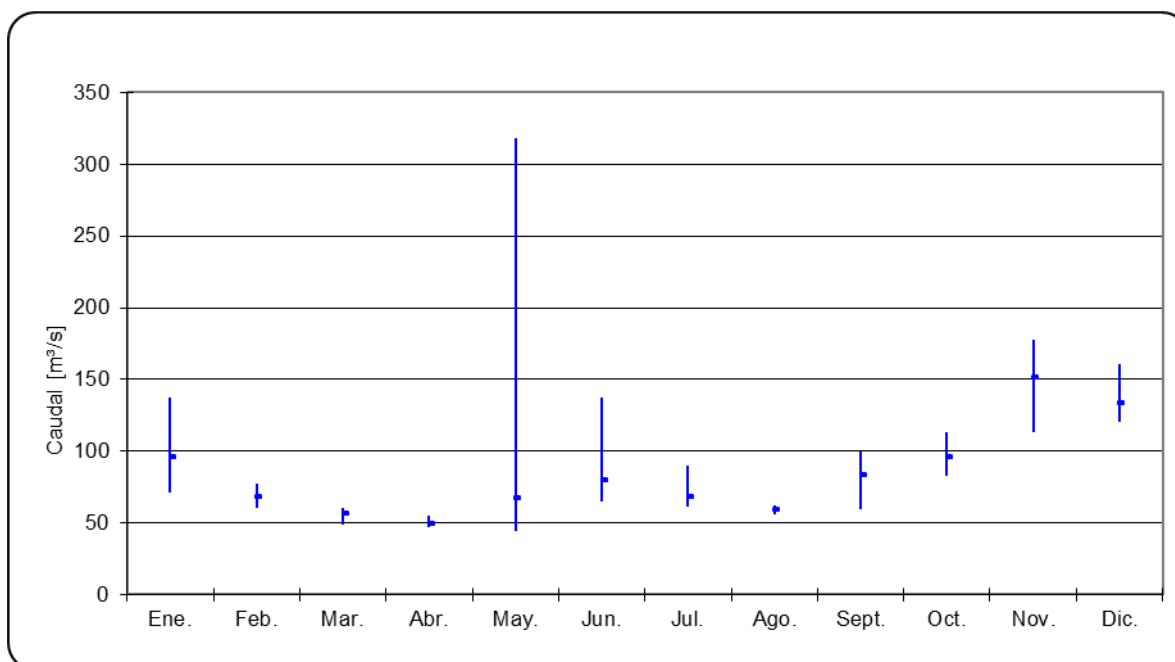


Fig. 1.17 Caudales en el Río Colorado, estación Buta Ranquil durante el año 2012.

Las condiciones de escurrimiento del río Colorado en la estación Buta Ranquil durante el año calendario 2012, indicadas en la Tabla 1.1, cuyos valores se grafican en la Figura 1.17, corresponde a un año hidrológico seco a extra seco con un caudal promedio de 82 m<sup>3</sup>/s, es decir, muy por debajo del valor medio de 148,3 m<sup>3</sup>/s para la serie histórica (1940 - 2012).

El escurrimiento durante el año calendario 2012 fue tan atípico, que el pico de crecida correspondió a una situación de lluvia durante el mes de mayo, alcanzando un caudal máximo instantáneo de 318 m<sup>3</sup>/s, mientras que la condición pico por fusión fue de 178 m<sup>3</sup>/s para el mes de noviembre.

En la Tabla 1.2 y la Figura 1.18 se hace una recopilación de los derrames de los últimos ciclos hidrológicos, incluyendo el ciclo 2012 – 2013 (con información disponible al momento de la redacción del presente informe, julio 2013).

Ciclo	Derrame anual
2005 – 2006	7.944 hm <sup>3</sup>
2006 – 2007	6.851 hm <sup>3</sup>
2007 – 2008	3.688 hm <sup>3</sup>
2008 – 2009	4.621 hm <sup>3</sup>
2009 – 2010	4.544 hm <sup>3</sup>
2010 – 2011	2.665 hm <sup>3</sup>
2011 – 2012	2.913 hm <sup>3</sup>
2012 – 2013	2.573 hm <sup>3</sup>
Serie histórica	4.662 hm <sup>3</sup>
Media 2005 – 2013	4.475 hm <sup>3</sup>
Media 2007 – 2013	3.501 hm <sup>3</sup>
Media 2010 – 2013	2.717 hm <sup>3</sup>

Tabla 1.2 Derrames anuales del río Colorado en la Estación Buta Ranquil, para el año hidrológico 1° Julio al 30 de Junio (Fuente Información EEPECdP, según NMA).

Los derrames anuales de los ciclos 2005 al 2013 fueron obtenidos con información suministrada por el Ente Ejecutivo Presa Embalse Casa de Piedra, obtenida a partir de registros diarios (limnógrafos). En el caso del ciclo 2009 – 2010 se realizaron correcciones en función de los aforos que fueron suministrados mensualmente por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, dentro del marco de la gestión del recurso hídrico en la cuenca.

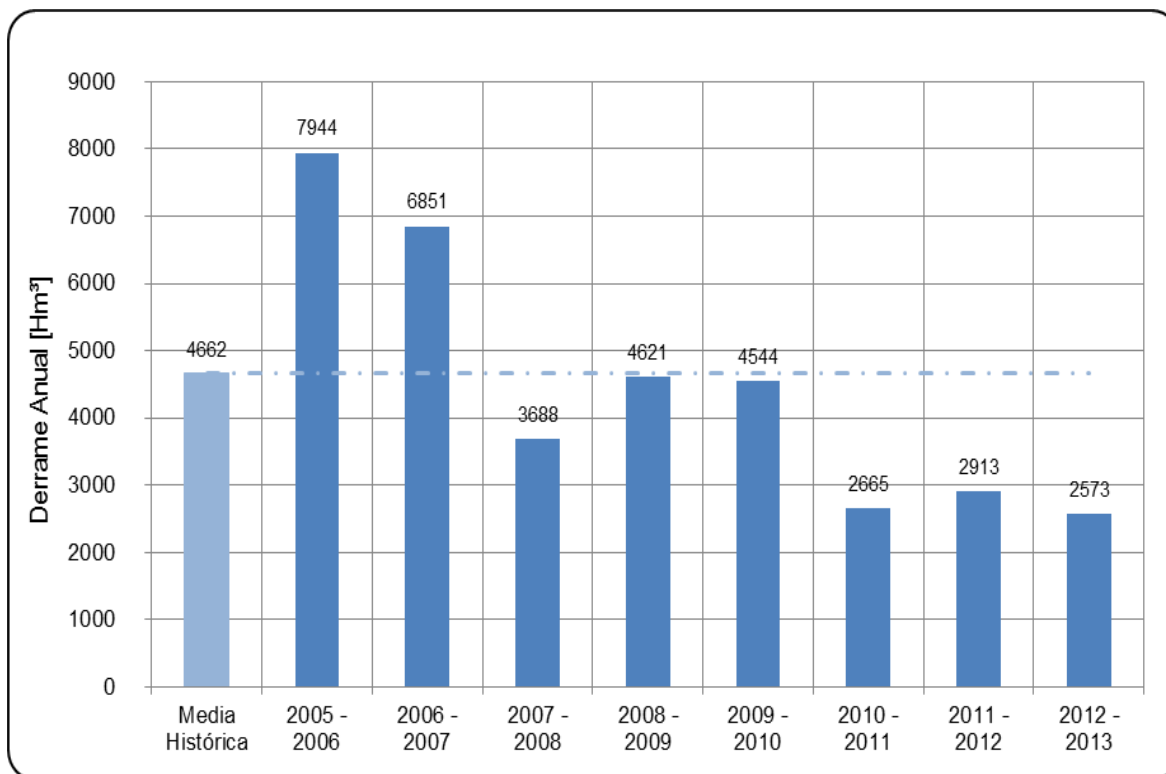


Figura 1.18 Derrames anuales del río Colorado en la Estación Buta Ranquil, para los años hidrológicos 1° Julio al 30 de Junio (Fuente información EEPECdP según NMA)

Del análisis de los derrames escurridos en los últimos 8 ciclos, indicados en la Tabla 1.2 y la Figura 1.18, se puede apreciar que la media para dichos ciclos es prácticamente coincidente con el valor medio de la serie histórica del río Colorado, de más de 70 años, que tiene su origen en 1940.

Sin embargo, haciendo un análisis particular para los últimos 6 ciclos hidrológicos, podemos advertir que los mismos se encuentran por debajo del valor medio, y que el déficit acumulado para ese período (Julio 2007 a Junio 2013) es de 6.970 hm<sup>3</sup>, superior al derrame de un ciclo hidrológico normal.

Para el caso particular del año calendario 2012, debido a las condiciones de oferta hídrica y del estado de desarrollo de las áreas productivas en la cuenca, el embalse debió aportar un volumen de agua del orden de 330 hm<sup>3</sup>, con un descenso de aproximadamente 2 metros de su nivel (275,59 msnm el 1° de enero vs. 273,64 msnm el 31 de diciembre de 2012), para satisfacer las demandas de abastecimiento a poblaciones, riego, ganado e industria, aguas abajo.

Atendiendo a las condiciones hidrológicas de la cuenca y de reserva del embalse, el Comité Ejecutivo del COIRCO, en función de los términos del Acuerdo del Colorado, tomó la decisión de implementar un período de veda de riego común en todas las áreas irrigadas aguas abajo de Casa de Piedra para 2012.

La veda de riego se extendió del 25 de abril al 14 de julio de 2012, erogándose un caudal ecológico mínimo extraordinario de 20 m<sup>3</sup>/s, con el objetivo de mejorar la reserva del embalse. La mencionada erogación extraordinaria de 20 m<sup>3</sup>/s permitió satisfacer los usos aguas abajo del embalse, sin generar conflictos en las tomas de agua de los sistemas de



agua potable de las poblaciones y aportando el escurrimiento necesario para la biota acuática.

La situación de reserva del embalse al inicio de la veda de riego 2013 (23 de abril 213 la cota del embalse era de 271,72 msnm), era más crítica que el año 2012, por lo cual se implementó una situación similar a la del año 2012, aunque con una restricción levemente mayor, erogando 15 m<sup>3</sup>/s. Al momento de redactar el presente informe, y próximo a finalizar la veda de riego, se alcanzó una cota de embalse de 273,80 msnm (aún quedan días para seguir incrementando la reserva previo al inicio de la campaña de riego 2013 – 2014), cumpliéndose los objetivos de incrementar la reserva en el embalse para satisfacer las demandas de las áreas productivas, sin alcanzar situaciones críticas por la veda extraordinaria.

### 1.2.3 Registros de lluvias en la cuenca

En la Tabla 1.3 se indican registros pluviométricos mensuales para el año 2012, correspondientes a las estaciones Buta Ranquil, provincia de Neuquén y Pichi Mahuida, provincia de Río Negro de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación; Catriel, provincia de Río Negro de COIRCO - Departamento Provincial de Aguas; estación meteorológica del Puesto Caminero en Casa de Piedra, provincia de La Pampa de COIRCO – Administración Provincial del Agua, La Pampa; y en El Gualicho, área de riego de Río Colorado, provincia de Río Negro de COIRCO - Departamento Provincial de Aguas.

Tabla 1.3- Registros pluviométricos mensuales en estaciones ubicadas en las márgenes del río Colorado (Año 2012), expresados en milímetros.

Año 2012	Buta Ranquil	Catriel	Puesto Caminero Casa de Piedra	Pichi Mahuida	El Gualicho
Enero	33,5	0,0	90,2	34,1	40,0
Febrero	6,4	0,0	35,6	23,5	13,0
Marzo	5,2	60,0	27,8	119,5	145,0
Abril	5,0	1,1	10,4	22,5	24,0
Mayo	59,0	0,5	3,4	6,0	15,0
Junio	16,0	9,0	5,6	11,0	9,0
Julio	1,0	0,3	0,2	2,5	0,0
Agosto	7,0	22,8	49,4	17,0	26,0
Septiembre	6,0	2,7	14,8	8,0	10,0
Octubre	16,3	94,4	148,0	129,0	95,0
Noviembre	16,8	92,0	65,0	50,0	101,0
Diciembre	34,9	1,4	5,6	44,0	68,0
<b>Total Anual [mm]</b>	207,1	284,2	456,0	467,1	546,0

#### 1.2.4 Conductividad eléctrica

En el Modelo de Distribución de Áreas de Riego, base para el Acuerdo del Río Colorado de las cinco provincias condóminas de la Cuenca del Río Colorado, la conductividad eléctrica es una de las variables tenidas en cuenta.

La conductividad eléctrica presenta variaciones a lo largo del año. En términos generales se reduce con la crecida debida a la fusión nival (deshielo, que oscila entre octubre y febrero, variable con los ciclos hidrológicos), y se incrementa con la reducción de los caudales los restantes meses. Las lluvias en la alta cuenca provocan una reducción en conductividad eléctrica, mientras que si las precipitaciones ocurren en la cuenca alta y media del río Colorado propiamente dicho, puede provocar incrementos puntuales de la conductividad eléctrica.

En la Figura 1.19 se presenta el hidrograma de caudales medios diarios de la estación Buta Ranquil, correspondiente al año 2012, junto con las determinaciones de conductividad eléctrica en las estaciones del río Colorado de Buta Ranquil (río no regulado) y descarga de Casa de Piedra (río regulado), para cada una de las doce campañas mensuales.

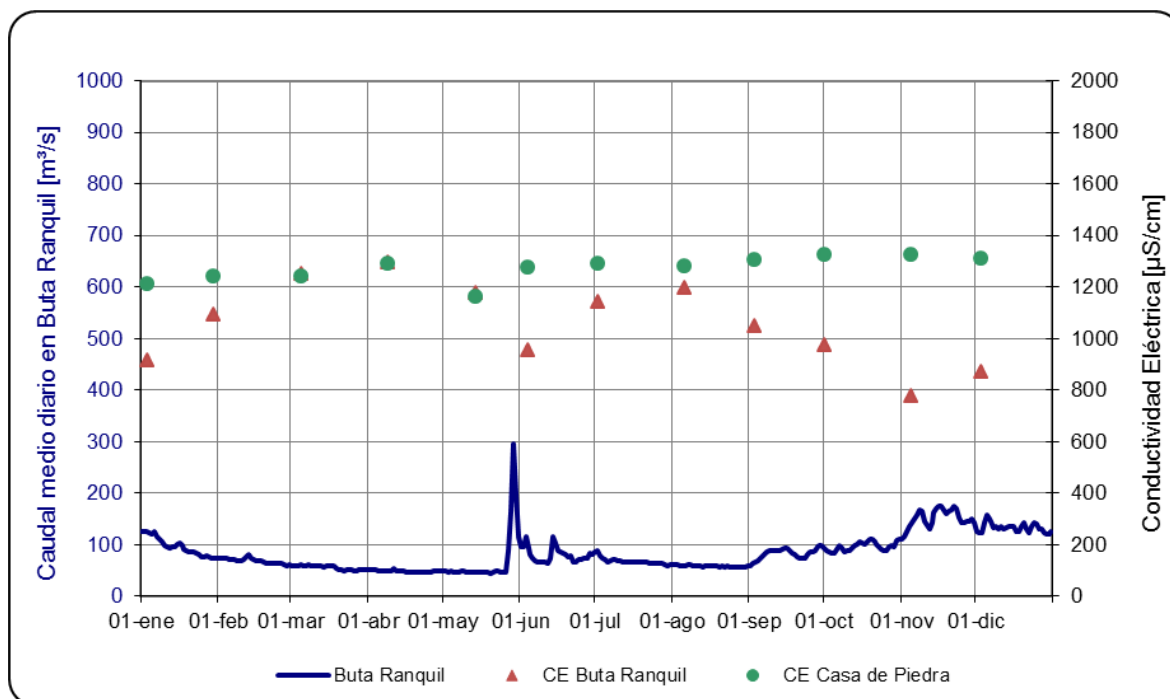


Figura 1.19. Hidrograma de caudal medio diario para la estación Buta Ranquil y registros de conductividad eléctrica en Buta Ranquil y descarga Casa de Piedra para las campañas mensuales del Año 2012.

En la Figura 1.19, se evidencia que durante el proceso de fusión nival se producen los menores registros de conductividad eléctrica en Buta Ranquil (muestreos de noviembre y diciembre). También se puede visualizar que debido a una crecida por lluvia (fines de mayo), al momento del muestreo del mes de junio disminuyó la conductividad eléctrica. En la misma figura, se puede apreciar que la conductividad eléctrica en la descarga de Casa de Piedra (río regulado) se mantuvo relativamente uniforme durante todo el año 2012.

El río Colorado, en condiciones naturales y en el tramo no regulado, también presenta variaciones de conductividad eléctrica (sales) asociadas a la magnitud del derrame anual.

En la Tabla 1.4. se indican los valores medios anuales (para el ciclo hidrológico julio – junio) de conductividad eléctrica para las estaciones del río Colorado de Buta Ranquil, Pasarela Medianito, descarga Casa de Piedra y Paso Alsina, estas dos últimas estaciones corresponden al tramo del río regulado.

Tabla 1.4. Valores medios de conductividad eléctrica [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] para los ciclos hidrológicos 2005-06 a 2012-13.

Ciclo Hidrológico	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13
Derrame [ $\text{hm}^3$ ]	7.944	6.851	3.3688	4.621	4.544	2.665	2.613	2.573
Buta Ranquil	835	811	943	887	936	1.128	1.104	1.088
Pasarela Medianito	856	819	1043	1.026	1.060	1.306	1.225	1.270
Casa de Piedra	932	832	964	1.032	1.002	1.119	1.290	1.336
Paso Alsina	969	876	1.100	1.098	1.090	1.187	1.402	1.555

La estación Paso Alsina se encuentra ubicada en la Provincia de Buenos Aires, aguas arriba de la primera derivación del área de riego de CORFO Río Colorado (**Pedro Luro**), perteneciente al subprograma **“Red histórica del Monitoreo de Calidad de Aguas”**, y corresponde a un punto de control del Modelo de distribución de las áreas de riego, base para el Acuerdo del Colorado.

#### 1.2.5 Sólidos disueltos totales e iones principales

**El Subprograma “Red histórica del Monitoreo de Calidad de Aguas”, incluye la determinación de sólidos disueltos totales e iones principales, en una serie de estaciones en la cuenca, varias de ellas no coincidentes con las estaciones del Subprograma “Calidad del Medio Acuático”.**

En las Tablas 1.5 y 1.6 se presentan los valores medios anuales (año calendario) para el período 2004 – 2012, de Sólidos Disueltos Totales [ $\text{mg}/\text{L}$ ], Cloruros [ $\text{mg}/\text{L}$ ], Sodio [ $\text{mg}/\text{L}$ ]; Sulfatos [ $\text{mg}/\text{L}$ ] y Dureza [ $\text{mg}/\text{L}$   $\text{CO}_3\text{Ca}$ ], para las estaciones de referencia o control del Modelo de distribución, que se encuentran en los extremos del río Colorado, es decir, Buta Ranquil y Paso Alsina. En el caso de la Tabla 1.5 se indica el derrame en Buta Ranquil [ $\text{hm}^3$ ], para visualizar la variación de dichas mediciones con la magnitud de los ciclos hidrológicos.

Tabla 1.5. Estación Buta Ranquil valores medios anuales de 12 campañas mensuales para los años calendario 2004 a 2012 (se incluyen derrames anuales).

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Derrame [hm <sup>3</sup> ]	3.780	5.988	7.494	4.793	4.457	4.717	3.509	2.833	2.649
SDT [mg/l]	550	620	494	553	577	564	645	699	677
Cloruros [mg/l]	100	137	109	138	134	133	169	184	177
Sodio [mg/l]	76	82	69	89	86	87	111	113	112
Sulfatos [mg/l]	171	178	149	156	170	169	189	200	202
Dureza [mg/L CO <sub>3</sub> Ca]	234	253	218	223	248	244	267	288	284

Tabla 1.6. Estación Paso Alsina valores medios anuales de 12 campañas mensuales para los años calendario 2004 a 2012.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
SDT [mg/l]	725	742	548	613	698	687	664	925	930
Cloruros [mg/l]	151	161	105	131	160	150	152	222	218
Sodio [mg/l]	107	110	73	92	111	99	102	148	162
Sulfatos [mg/l]	262	250	187	206	247	230	224	299	306
Dureza [mg/L CO <sub>3</sub> Ca]	316	322	261	270	322	311	306	386	402

En el Anexo IX se presentan los promedios de los registros mensuales para el año 2012, de sólidos disueltos totales e iones principales, correspondiente al subprograma **“Red histórica del Monitoreo de Calidad de Aguas”**, desarrollado por el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO), para muestras de agua en estaciones del río Colorado, Grande y Barrancas, y sus principales afluentes. Dicho estudio tiene continuidad desde 1981 a la fecha, con muestreos que inicialmente fueron semanales, luego quincenales y actualmente son mensuales.

Los valores de conductividad eléctrica fueron determinados en laboratorio, por lo tanto no necesariamente se corresponden con los presentados en el Capítulo 2 de este mismo informe (Tablas 2.5, 2.8, 2.11, 2.14, 2.17, 2.20, 2.23 y 2.26), atento que fueron obtenidos *in situ*.

#### 1.2.6 Usos del agua en la cuenca

A través del Acuerdo del Colorado firmado por las cinco provincias ribereñas, Buenos Aires, La Pampa, Mendoza, Neuquén y Río Negro, se establece los usos del agua y sus prioridades, y se conceden los cupos provinciales.

En forma sistemática, las provincias brindan la información de los consumos y concesiones de uso.

El relevamiento exige un trabajo coordinado en todas las provincias. En particular, durante el año 2012 se contó con un trabajo Interjurisdiccional, coordinado por el COIRCO con la asistencia de la Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública de la Nación (Ministerio de Planificación, Inversión Pública y Servicios).

En la Figura 1.20 se indican las áreas bajo riego.



Figura 1.20, Cuenca del Río Colorado, localidades y áreas de riego

En la Tabla 1.17 se indica el total de los consumos por provincias y por usos, expresados en hectómetros cúbicos anuales. Atendiendo a que el principal uso en la cuenca es el riego, se considera el año como campaña de riego, es decir, julio 2012 a junio 2013.

Del análisis de la información de la Tabla 1.17, se pone en evidencia que los principales usos del recurso hídrico en la cuenca del río Colorado corresponden al riego y la ganadería.

Tabla 1.10. Usos del agua en la Cuenca del Río Colorado, expresado en hectómetros cúbicos anuales, para el Ciclo 2012 - 2013

	Urbano	Agrícola Ganadero	Minero	Petrolero
Buenos Aires	2,5	1.605	0	0
La Pampa	12,5	240	0	1,8
Mendoza	1,2	1	0	5,8
Neuquén	3,2	60	0	4,3
Río Negro	4,9	355	0	1,5
	24,3	2.261	0	13,4

### 1.3. Área de Estudio del Subprograma de Calidad del Medio Acuático

El área de estudio comprende desde las estaciones en los ríos Grande y Barrancas, donde no hay actividad antropogénica en forma sistemática, hasta la estación de muestreo en Colonia Julia y Echarren, próxima a la Comarca de Río Colorado – La Adela (Provincias de La Pampa y Río Negro), aguas arriba de la última derivación, en la provincia de Buenos Aires, para el suministro de agua para uso de agua potable, riego y ganadero.

En forma independiente al presente estudio, desde COIRCO se desarrollan otros estudios a lo largo de la cuenca, o en sectores específicos, según las necesidades como son:

- Subprograma Red histórica de monitoreo de calidad de aguas, parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Colorado.
- Subprograma Evaluación del Estado Trófico del Embalse Casa de Piedra.
- Subprograma Vigilancia de la calidad del agua en el Embalse Casa de Piedra en relación con la cría de salmónidos.
- Subprograma Agroquímicos en el río Colorado y en los sistemas de drenaje agrícola.
- Subprograma Monitoreo de las descargas de líquidos cloacales.
- Subprograma Monitoreo de la descarga de la planta de Tratamiento de Pichi Mahuida.

En forma paralela, las jurisdicciones provinciales desarrollan estudios específicos a sus necesidades de abastecimiento y ejercicio de la acción de contralor y regulación, los cuales no se indican en el detalle anterior.



# Calidad del Agua

Capítulo 2





## **CONTENIDO**

- 2.1** Introducción
- 2.2** Estaciones de monitoreo
- 2.3** Metodología de muestreo
- 2.4** Metodologías analíticas
  - 2.4.1 Análisis de metales y metaloides
    - 2.4.1.1 *Técnicas y métodos analíticos*
    - 2.4.1.2 *Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio*
  - 2.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares y alifáticos
    - 2.4.2.1 *Técnica y métodos analíticos*
    - 2.4.2.2 *Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio*
- 2.5** Resultados
  - 2.5.1 Metales y metaloides
  - 2.5.2 HAPs
  - 2.5.3 Valores guía
- 2.6** Discusión
- 2.7** Ensayos ecotoxicológicos
  - 2.7.1 Estaciones de muestreo
  - 2.7.2 Metodología de muestreo
  - 2.7.3 Ensayos con *Daphnia magna*
  - 2.7.4 Resultados
    - 2.7.4.1 *Supervivencia*
    - 2.7.4.2 *Reproducción*
  - 2.7.5 Discusión

## **Referencias**



## 2.1 Introducción

La evaluación de sustancias tóxicas en el sistema río Colorado-embalse Casa de Piedra, consta de dos componentes: el diagnóstico de situación y relevamiento de fuentes de contaminantes llevado a cabo en el período 1997-1999 (COIRCO 2000) y el programa de monitoreo de calidad de aguas, el cual se ha ejecutado en forma ininterrumpida hasta el presente desde el año 2000 (COIRCO 2001 a 2012).

En dicho programa se lleva a cabo el monitoreo en la columna de agua de sustancias tóxicas seleccionadas (metales pesados y HAPs) en estaciones ubicadas en sitios del río Colorado, representativos de distintas situaciones. Las sustancias tóxicas sometidas a monitoreo fueron seleccionadas, en base a su toxicidad y a la existencia en el cuenca de fuentes potencialmente generadoras (COIRCO 2000).

El objetivo del programa de monitoreo es observar la variación espacial y temporal de las sustancias de interés y relacionar los niveles observados con valores guía internacionales para la protección de diferentes usos del agua (fuente de agua potable, irrigación, ganadería y medio para el desarrollo de la vida acuática)

Dichos valores guía son niveles extremadamente bajos de las sustancias de interés (dado que están referidos a efectos tóxicos crónicos), haciendo necesario el empleo de técnicas analíticas basadas en instrumental de alta complejidad y un riguroso programa de aseguramiento de la calidad de las operaciones de campo y laboratorio.

Las estaciones de monitoreo han sido ubicadas en diferentes puntos de la cuenca con el propósito de evaluar diferentes situaciones: áreas libres de influencia antrópica, lugares donde existen actividades potencialmente generadoras de sustancias tóxicas y zonas representativas de los principales usos del agua.

Con el objeto de confirmar y ampliar las observaciones efectuadas a través de los análisis químicos, se llevan a cabo ensayos ecotoxicológicos crónicos en sitios representativos de fuentes de contaminantes y de usos del agua. Los mencionados ensayos aportan información sobre la actividad ecotoxicológica global en la columna de agua.

## 2.2 Estaciones de monitoreo

La Fig. 2.1 muestra la ubicación de las estaciones de monitoreo de columna de agua en el área de estudio. Dichas estaciones son identificadas como CL 0, CL 1, CL 2, CL 3, CL 4, CL 5, CL 6 y CL 8. En las mismas se extrajeron muestras con frecuencia mensual para el análisis de metales/metaloides, HAPs e hidrocarburos alifáticos.

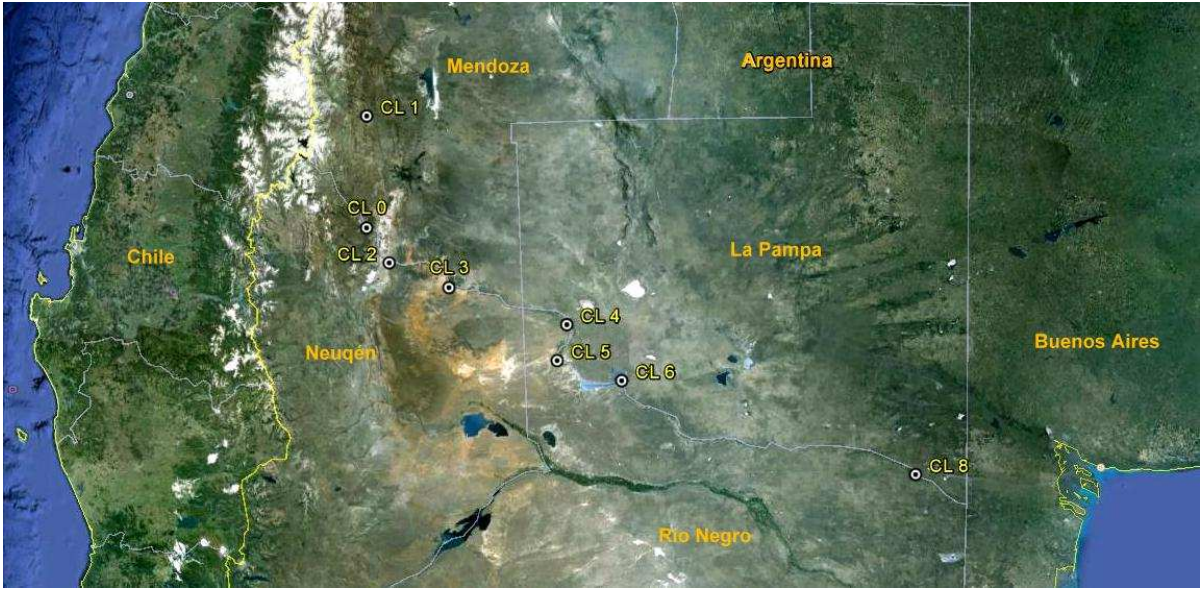
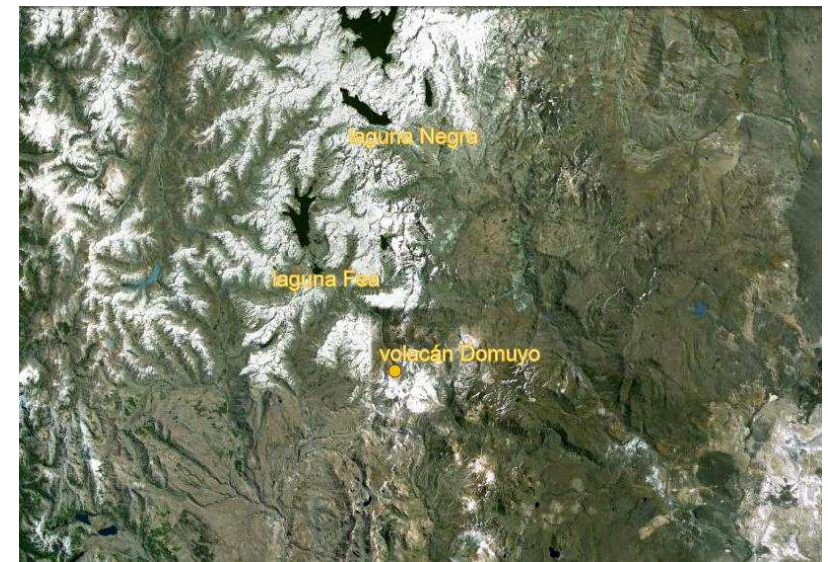


Figura 2.1 – Estaciones de monitoreo de agua en el sistema del río Colorado

A continuación se da una descripción somera de las estaciones de monitoreo, con su ubicación geográfica e imágenes que ilustran el ambiente donde se encuentran ubicadas.

## ESTACIÓN CL 0 RÍO BARRANCAS – ÁREA PUENTE RUTA NACIONAL Nº 40

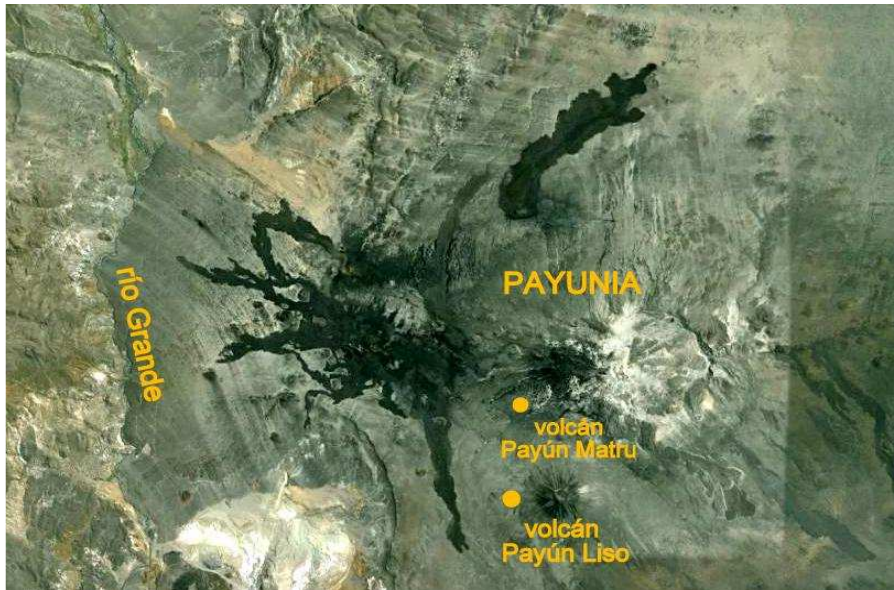
Ubicada sobre la margen derecha del río Barrancas, a la altura del puente de la ruta Nacional Nº 40. Son sus coordenadas geográficas 36° 49' 04" S y 69° 52' 14" O. Es representativa de una zona libre de influencia antrópica y por lo tanto se la considera como estación de referencia. Esta estación fue establecida para el relevamiento general llevado a cabo en el período 1997-1999, designándose entonces como estación Nº III y fue operada como estación de la red de monitoreo de calidad de aguas desde el año 2002 hasta el presente. El río Barrancas nace de la confluencia de los emisarios de las lagunas Negra y Fea, situadas en la Cordillera Principal de Los Andes y desciende hacia el sudeste por esta formación, atravesando en su último tramo una pequeña extensión de los sedimentos marinos jurásicos plegados de la Fosa del Agrio. En la zona de las nacientes del río Barrancas, una gran colada basáltica ubicada entre las lagunas Negra y Fea y el volcán Domuyo dan testimonio de la actividad volcánica en el pasado.





## ESTACIÓN CL 1 RÍO GRANDE – ÁREA BARDAS BLANCAS

Se ubica en el río Grande, sobre su margen derecha, a la altura de la localidad de Bardas Blancas. Son sus coordenadas  $35^{\circ} 51' 32''$  S y  $69^{\circ} 48' 25''$  O. Corresponde a una zona libre de influencia antrópica y representa también una estación de referencia. Fue establecida para el programa de relevamiento general llevado a cabo entre 1997 y 1999, designándose entonces como estación N° I. Es operada como estación de la red de monitoreo de calidad de aguas desde el año 2000. Geográficamente la zona que representa se ubica en las estribaciones orientales de la Cordillera Principal de Los Andes. Marca el límite entre ésta al oeste y la franja de sedimentos marinos jurásicos plegados de la denominada Fosa del Agrio, que se introduce como una cuña entre la cordillera y el campo volcánico. Este último, se encuentra ubicado al este del río Grande y al norte y al sur del primer tramo del Colorado.

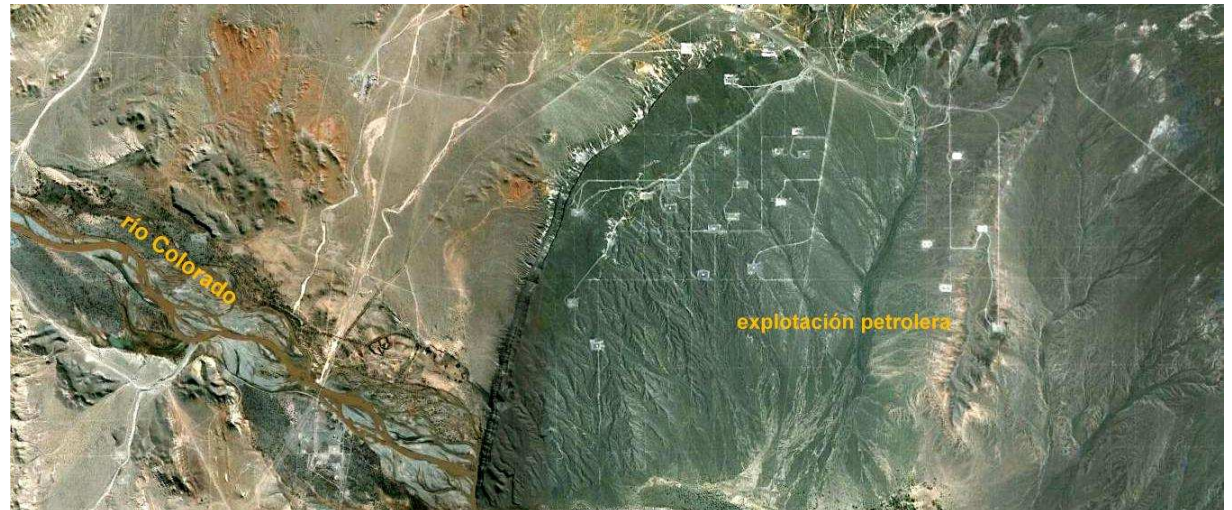
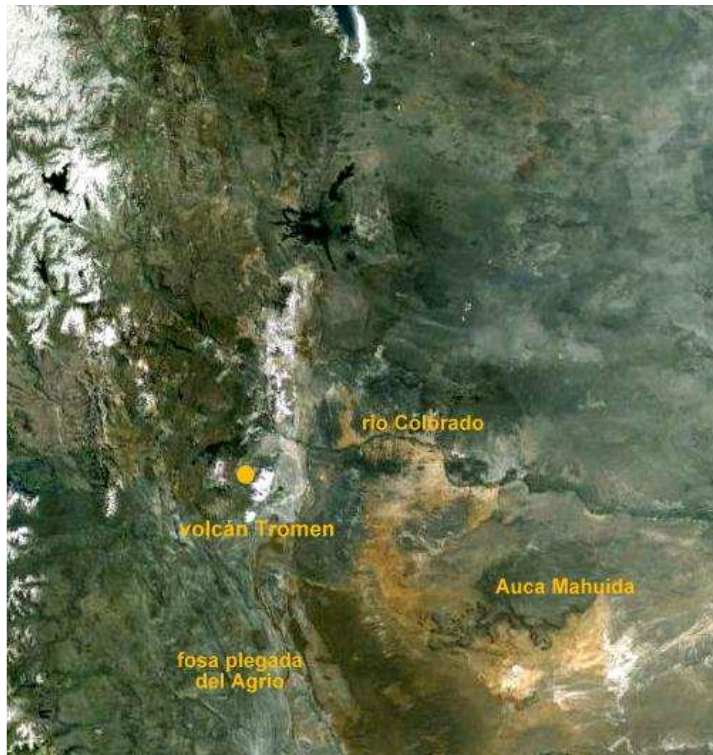






## ESTACIÓN CL 2 RÍO COLORADO - ÁREA BUTA RANQUIL

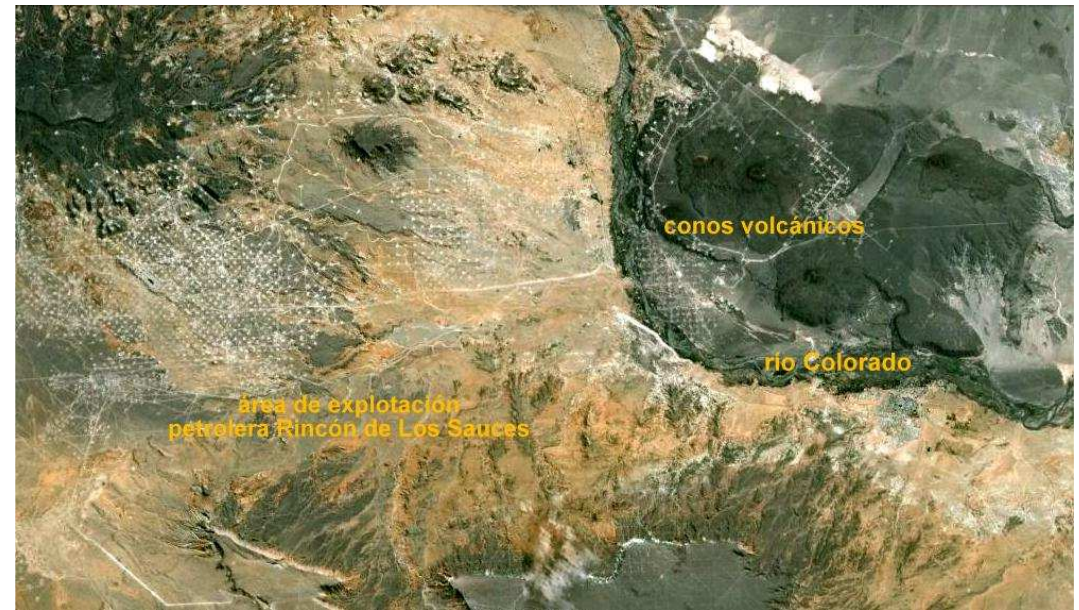
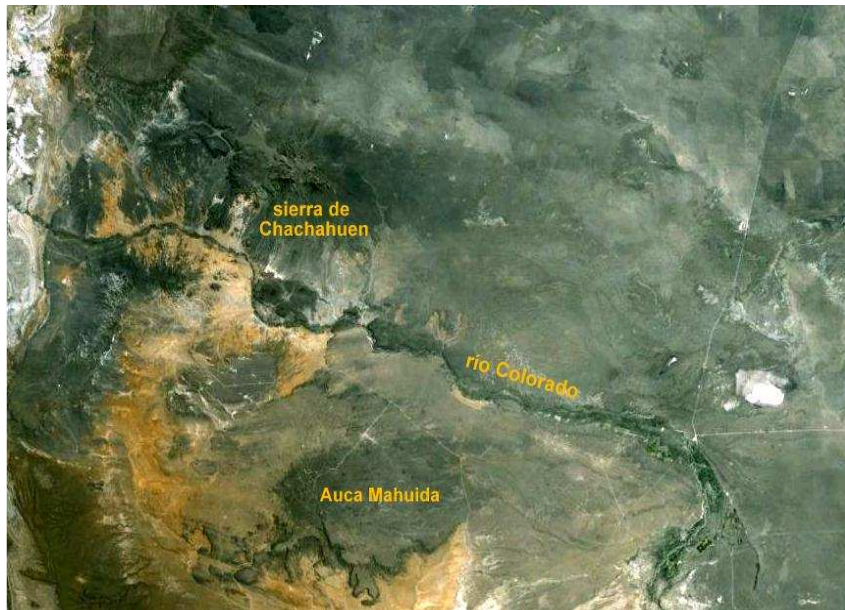
Ubicada en el río Colorado, sobre la margen derecha, a la altura de Buta Ranquil, a los  $37^{\circ} 07' 27''$  S y  $69^{\circ} 38' 51''$  O en un área donde tiene lugar la actividad petrolera. Fue establecida para el programa de relevamiento general (1997-1999) designándose entonces como estación N° IV. Desde el año 2000 es operada como estación de la red de monitoreo de calidad de aguas. Esta zona corresponde al denominado campo volcánico. Este último, se encuentra ubicado al este del río Grande y al norte y al sur del primer tramo del Colorado. Es una formación que presenta extensas manifestaciones volcánicas modernas (cuartarias), caracterizadas por mesetas y grandes planicies formadas por inmensas emisiones de lava, donde se destacan el volcán Tromen y, más alejado, hacia el noreste la altiplanicie del Payún y el volcán del mismo nombre.





## ESTACIÓN CL 3 RÍO COLORADO – ÁREA DE DESFILADERO BAYO

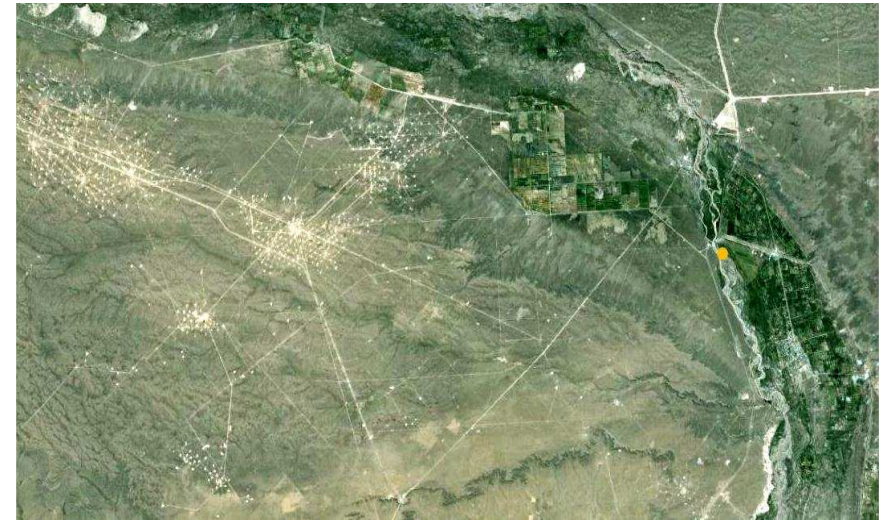
Se ubica en el río Colorado sobre la margen derecha, a la altura del puente de Desfiladero Bayo, a los  $37^{\circ} 21' 57''$  S y  $69^{\circ} 00' 55''$  O, corresponde también a un área donde tiene lugar la actividad petrolera. Fue establecida para el programa de relevamiento general (1997-1999) designándose entonces como Estación N° VII. Desde el año 2000 es operada como estación de la red de monitoreo de calidad de aguas. Esta zona presenta características geológicas similares a Buta Ranquil, con extensas manifestaciones volcánicas modernas (cuartarias), representadas por mesetas y grandes planicies resultado de emisiones de lava de gran magnitud. Se destacan la sierra de Chachahuen al norte del río Colorado y la sierra de Auca Mahuida y derrames basálticos que forman relieves tabulares al sur de dicho río.

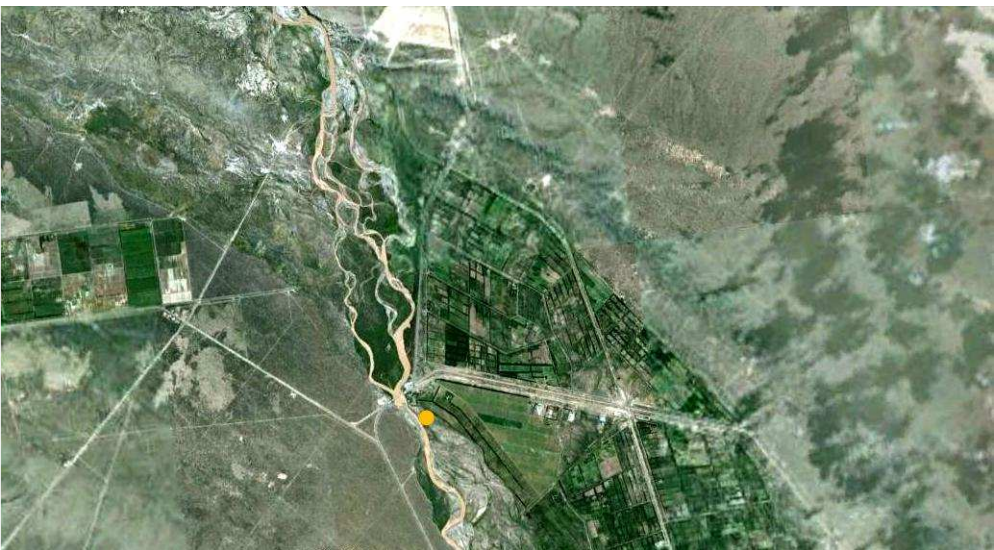




## ESTACIÓN CL4 RÍO COLORADO – ÁREA PUNTO UNIDO

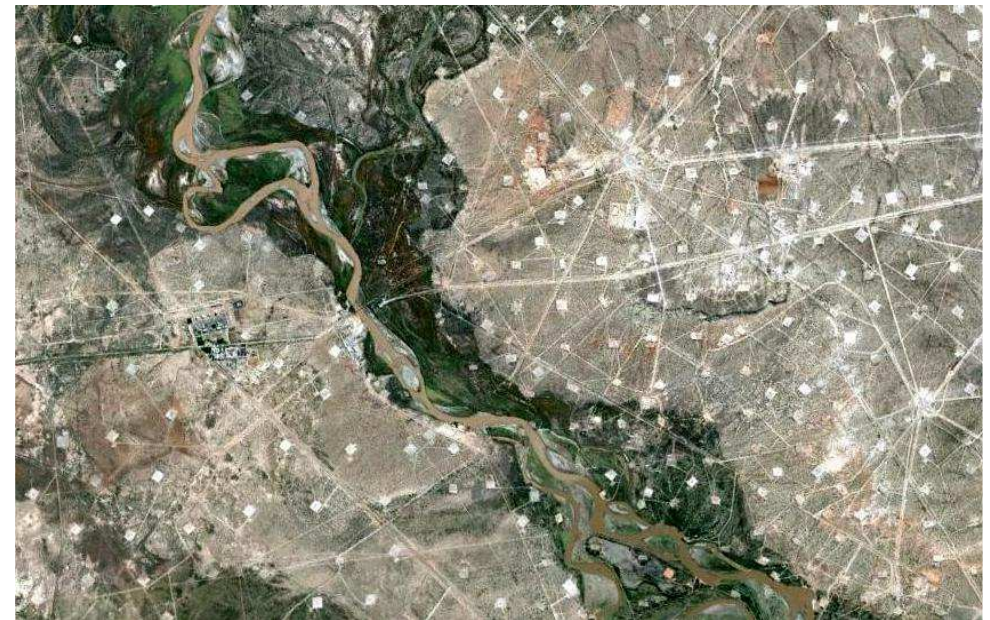
Está ubicada en el río Colorado, sobre la margen izquierda a la altura de Punto Unido, a los  $37^{\circ} 43' 32''$  S y  $67^{\circ} 45' 47''$  O. Representa un área de captación y distribución de agua para diferentes usos. Fue establecida en el programa de relevamiento general (1997-1999), designándose entonces como Estación N° XIV. Se la opera desde el año 2000 como estación perteneciente a la red de monitoreo de calidad de aguas. El área está formada por sedimentos aluviales (arenas, limos y arcillas). Al norte del río Colorado, una extensa superficie está cubierta por rocas basálticas (terciarias y cuaternarias) provenientes de centros efusivos ubicados hacia el oeste, en la provincia de Mendoza. Al sur del río Colorado se presentan afloramientos de rocas sedimentarias cretácicas (Cuenca Neuquina). Particularmente al norte del río, se destaca la presencia de grandes salitrales.

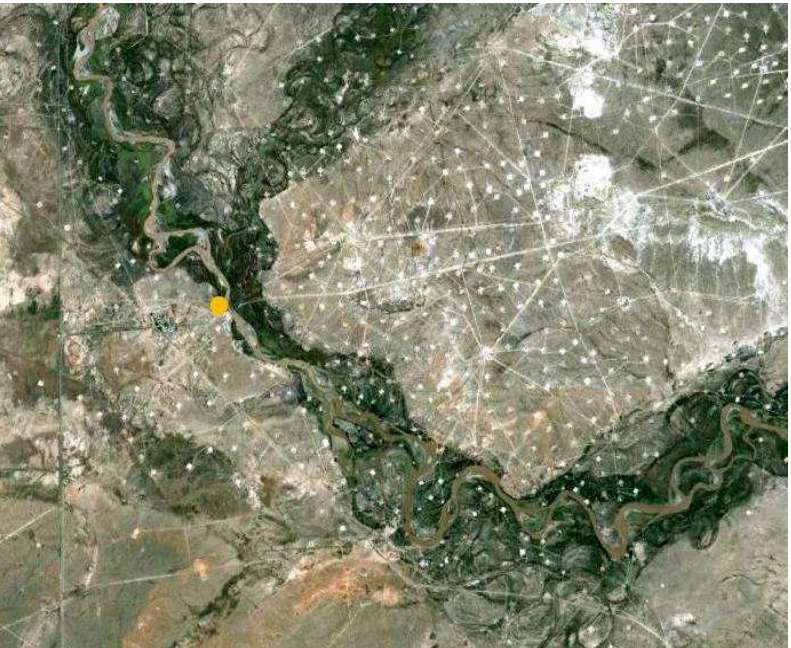




ESTACIÓN CL 5  
RÍO COLORADO – ÁREA PASARELA MEDANITO

Ubicada en el río Colorado, sobre la margen derecha, a la altura de la pasarela Medanito, aguas abajo de las ciudades de 25 de Mayo y Catriel y de la zona agrícola de estos asentamientos y en proximidades de la cola del embalse Casa de Piedra, a los  $38^{\circ} 01' 35''$  S y  $67^{\circ} 52' 44''$  O. Representa principalmente un área de actividad petrolera. Fue establecida para el programa de relevamiento general (1997-1999) designándosele como Estación N° XXII. Desde el año 2000 forma parte de la red de monitoreo de calidad de aguas.



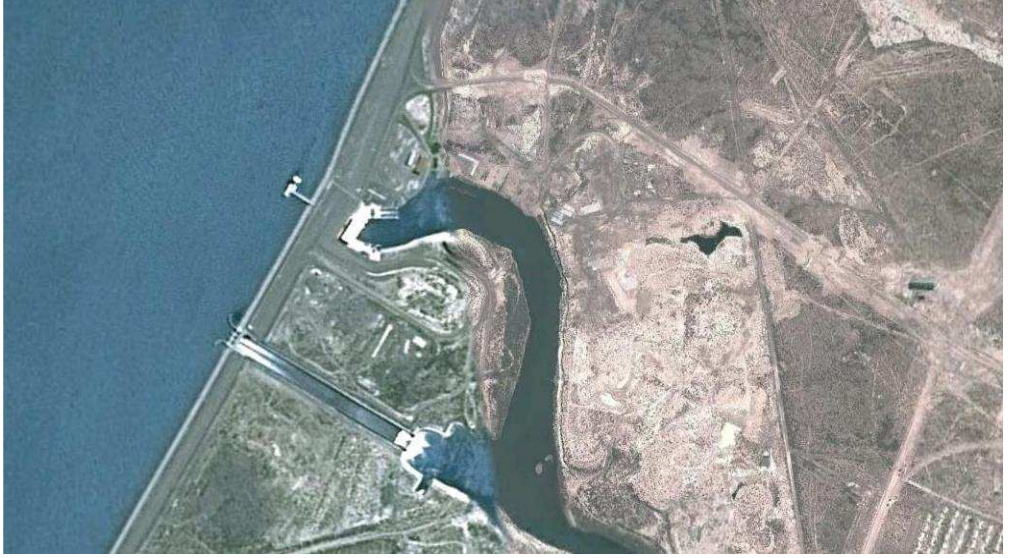
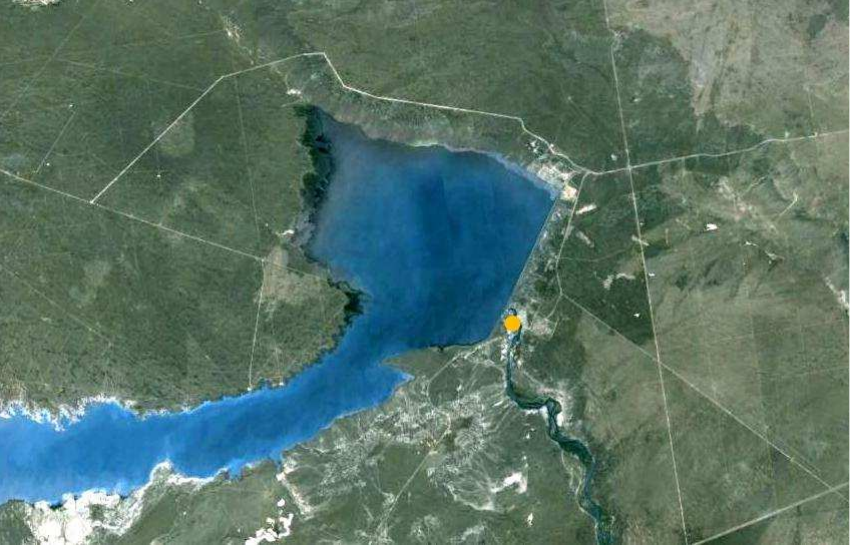




ESTACIÓN CL 6  
ÁREA DESCARGA EMBALSE CASA DE PIEDRA

Está ubicada en la descarga del embalse Casa de Piedra, sobre la margen izquierda a los  $38^{\circ} 12' 55''$  S y  $67^{\circ} 11' 04''$  O. Tiene por objeto evaluar la calidad del agua restituída del embalse al río Colorado. Se estableció para el programa de relevamiento general (1997-1999) designándose entonces como estación N° XXIV. Desde el año 2000 se opera como estación integrante de la red de monitoreo de calidad de aguas.

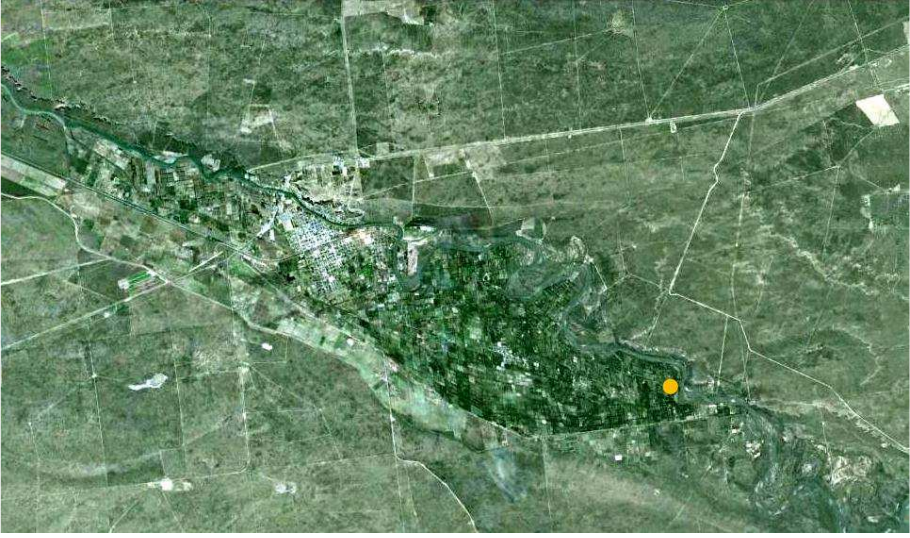




ESTACIÓN CL 8  
RÍO COLORADO – ÁREA COLONIA JULIÁ Y ECHARREN

Ubicada en el río Colorado, sobre la margen derecha, a la altura de la Colonia Juliá y Echarren (Río Negro). Sus coordenadas son S 39° 03' 04" S 63° 57' 39" O. Es representativa de las condiciones del río aguas abajo de las descargas urbanas y retornos agrícolas de la Comarca Río Colorado – La Adela.





## 2.3 Metodología de muestreo

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

Los muestreos se efectuaron de acuerdo a los lineamientos generales dados en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 1998). En las correspondientes estaciones de monitoreo se extrajeron muestras de agua para análisis de metales y metaloides, siendo envasadas en bidones de polietileno de 500 mL de capacidad y preservadas mediante la adición de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) hasta  $\text{pH} < 2$  y refrigeradas a temperatura  $< 4$  °C. Los recipientes utilizados fueron sometidos previamente a un procedimiento de limpieza consistente en: lavado con detergente y agua corriente, enjuague prolongado con agua corriente, enjuague con agua destilada (Tipo IV ASTM), secado a temperatura ambiente, inmersión durante 12 horas en solución de ácido nítrico 1+1, enjuague con agua destilada, enjuague con agua ultrapura (Tipo I ASTM) y secado a temperatura ambiente (Procedimiento Operativo Estándar PO A001, Sección 4.4.1).

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

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

## 2.4 Metodologías analíticas

### 2.4.1 Análisis de metales y metaloides

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

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

#### 2.4.1.1 Técnicas y métodos analíticos

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

Tabla 2.1 - Técnicas y métodos analíticos empleados para el análisis de metales y metaloides en agua con sus respectivos límites de cuantificación.

Elemento	Técnica analítica	Método	Límite de cuantificación (µg/L)
Arsénico	ICP	EPA 200.7	2
Cadmio	ICP	EPA 200.7	0,5
Cinc	ICP	EPA 200.7	2
Cobre	ICP	EPA 200.7	2
Cromo	ICP	EPA 200.7	1
Mercurio	A.A. por vapor frío	EPA 245.1	1
Molibdeno	ICP	EPA 200.7	2
Níquel	ICP	EPA 200.7	2
Plomo	ICP	EPA 200.7	1
Selenio	ICP	EPA 200.7	2
Uranio	ICP	EPA 200.7	0,5

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

#### 2.4.1.2 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio

La verificación de la calidad analítica se llevó a cabo analizando, junto con las muestras de agua, réplicas (duplicado) de una muestra de agua extraída en la estación CL 5 (Pasarela Medanito) en cada campaña. Además, se analizaron muestras replicadas (duplicado) de una muestra de la estación CL 5 y blancos replicados (duplicados) de agua ultrapura (Tipo I ASTM), sin fortificar y fortificados con 1 mL/500 mL del estándar multielemento V CERTIPUR (Merck) en una de las campañas del ciclo. En las Tablas 2.2 y 2.3 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2.2 - Análisis de metales y metaloides en una muestra fortificada con estándar multielemento CERTIPUR V (Merck) extraída en la estación CL 5.

Metal/ metaloides	Concentración adicionada (µg/L)	Concentraciones halladas en réplicas (duplicado) no fortificadas (µg/L)		Concentraciones halladas en réplicas (duplicado) fortificadas (µg/L)	
Arsénico	40	3±1	3±1	40±3	41±3
Cadmio	4	<0,5	<0,5	3±1	3±1
Cinc	4	8±1	8±1	10±1	12±1
Cobre	4	9±1	9±1	12±1	12±1
Cromo	4	<1	<1	4±1	4±1
Mercurio	10	<1	<1	4,0±0,1	4,5±0,1
Molibdeno	No disponible	<2	<2	<2	<2
Níquel	10	6±1	6±1	14±1	14±1
Plomo	40	3±1	3±1	36±3	38±3
Selenio	40	<2	<2	29±3	31±2
Uranio	No disponible	0,6±0,1	0,6±0,1	<0,5	0,6±0,1

<sup>(1)</sup> La serie completa del año 2012 correspondiente a la estación CL 5 se encuentra detallada en la Tabla 2.21

Tabla 2.3 - Análisis de metales y metaloides en blancos de agua ultra pura

Metal/metaloide	Concentración adicionada (µg/L)	Concentración hallada (µg/L)	
		Blanco 1	Blanco 2
Arsénico	40	41±3	40±3
Cadmio	4	4±1	4±1
Cinc	4	38±3	5±1
Cobre	4	4±1	4±1
Cromo	4	4±1	4±1
Mercurio	10	14,4±0,1	14,4±0,1
Molibdeno	No disponible	<2	<2
Níquel	10	10±1	10±1
Plomo	40	40±3	41±3
Selenio	40	39±3	39±3
Uranio	No disponible	<0,5	<0,5

fortificados con estándar multielemento CERTIPUR V (Merck)

#### 2.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) y alifáticos

Los análisis de HAPs e hidrocarburos alifáticos en muestras de agua fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Análisis Cromatográficos CIC de Lomas del Mirador, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2005).

##### 2.4.2.1 Técnica y métodos analíticos

Para el análisis se empleó cromatografía en fase gaseosa con detección por espectrometría de masas (HP5 MS). Se efectuaron dos ensayos distintos para cada muestra, cualitativo y cuantitativo. En la Tabla 2.4 figuran los respectivos límites de cuantificación.

Tabla 2.4 – Límites de cuantificación del método para los diferentes HAPs analizados.

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

#### 2.4.2.2 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio

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

### 2.5 Resultados

Los resultados obtenidos durante el año 2012 en las mediciones *in situ* de parámetros ambientales y en los análisis en laboratorio de metales/metaloides y HAPs en muestras de agua extraídas en las estaciones de monitoreo se presentan en las Tablas 2.5 a 2.28. En los ANEXOS I y II del presente informe (en soporte digital), con fines comparativos, se ha incluido la serie histórica que comprende los años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004-2005, 2006-2007, 2008, 2009, 2010 y 2011 (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2010, 2011a, 2011b y 2012; Alcalde *et al.* 2000, 2003, 2004, 2006; Perl 2000, 2002).



## RÍO BARRANCAS – ÁREA PUENTE RUTA NACIONAL Nº 40 – ESTACIÓN CL 0



Tabla 2.5 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 0 (Río Barrancas en puente Ruta nº 40) en el período Enero 2012- Diciembre 2012.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (02/01/12)	2 (29/01/12)	3 (04/03/12)	4 (08/04/12)	5 (13/05/12)	6 (03/06/12)	7 (01/07/12)	8 (05/08/12)	9 (02/09/12)	10 (30/09/12)	11 (04/11/12)	12 (02/12/12)
Hora	16:01	16:03	15:07	15:44	14:54	15:09	14:58	14:51	14:45	14:58	15:12	15:04
pH	7,72	7,96	8,01	7,93	8,05	8,15	8,11	8,29	8,15	8,32	7,86	7,90
Temperatura del agua (°C)	22,48	19,29	19,21	15,07	9,27	7,25	6,42	6,77	10,50	11,21	17,96	18,61
Temperatura del aire (°C)	35,0	32,0	35,0	20,0	19,0	11,0	8,0	14,0	21,0	22,0	32,0	30,0
Conductividad eléctrica [µS/cm]	749	877	893	910	780	715	793	825	778	702	614	664

Tabla 2.6 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ( $\mu\text{g/L}$ ) en la estación CL 0 (Río Barrancas en puente Ruta N° 40 en el período Enero 2012-Diciembre 2012).

Metal/ metaloides ( $\mu\text{g/L}$ )	Campañas											
	1 (02/01/12)	2 (29/01/12)	3 (04/03/12)	4 (08/04/12)	5 (13/05/12)	6 (03/06/12)	7 (01/07/12)	8 (05/08/12)	9 (02/09/12)	10 (30/09/12)	11 (04/11/12)	12 (02/12/12)
Arsénico	14 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	<2	2 $\pm$ 1	<2
Cadmio	0,8 $\pm$ 0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	63 $\pm$ 4	14 $\pm$ 1	9 $\pm$	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	<2	<2	3 $\pm$ 1	9 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1
Cobre	12 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	<2	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	<2	<2	<2	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1
Cromo	2 $\pm$ 1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Molibdeno	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	<2	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	<2	<2
Níquel	15 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1
Plomo	35 $\pm$ 2	7 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 0,5	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
Selenio	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Uranio	0,6 $\pm$ 0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5



## RÍO GRANDE – ÁREA BARDAS BLANCAS – ESTACIÓN CL 1



Tabla 2.8 – Parámetros medidos in situ en la Estación CL 1 (Río Grande, Bardas Blancas, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 40) en el período Enero 2012-Diciembre2012

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (02/01/12)	2 (29/01/12)	3 (04/03/12)	4 (08/04/12)	5 (13/05/12)	6 (03/06/12)	7 (01/07/12)	8 (05/08/12)	9 (02/09/12)	10 (30/09/12)	11 (04/11/12)	12 (02/12/12)
Hora	18:44	19:03	17:36	18:12	17:41	17:49	17:46	17:38	17:18	17:48	17:55	17:48
pH	7,85	8,25	8,18	8,17	8,80	7,88	8,60	8,32	7,97	8,30	7,79	7,92
Temperatura agua (°C)	20,37	16,71	17,15	11,07	8,60	4,94	4,33	5,50	9,84	9,45	13,78	12,49
Temperatura del aire (°C)	35,0	26,0	29,0	17,0	17,0	6,0	5,0	11,0	21,0	14,0	29,0	19,0
Conductividad eléctrica [μS/cm]	893	1141	1309	1332	1292	943	1160	1350	1201	1021	719	863

Tabla 2.9 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ( $\mu\text{g/L}$ ) en la estación CL 1 (Río Grande en Bardas Blancas) en el período Enero 2012 – Diciembre de 2012.

Metal/ metaloides ( $\mu\text{g/L}$ )	Campañas											
	1 (02/01/12)	2 (29/01/12)	3 (04/03/12)	4 (08/04/12)	5 (13/05/12)	6 (03/06/12)	7 (01/07/12)	8 (05/08/12)	9 (02/09/12)	10 (30/09/12)	11 (04/11/12)	12 (02/12/12)
Arsénico	6 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	<2	3 $\pm$ 1	<2
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	9 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	<2	<2	3 $\pm$ 1	9 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1
Cobre	17 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1	12 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	12 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1
Cromo	1 $\pm$ 0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Molibdeno	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Níquel	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1
Plomo	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	3,0 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	3 $\pm$ 0,5	1,4 $\pm$ 0,5
Selenio	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Uranio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5





## RÍO COLORADO – ÁREA BUTA RANQUIL – ESTACIÓN CL 2



Tabla 2.11 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 2 (Río Colorado, Buta Ranquil, Yacimiento El Portón, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2012-Diciembre 2012

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/12)	12 (03/12/12)
Hora	08:00	08:31	08:27	08:14	08:12	08:38	08:41	08:35	08:30	08:18	08:03	08:28
pH	7,97	7,81	7,90	7,90	8,14	8,09	8,00	8,15	8,08	8,13	7,70	7,84
Temperatura del agua (°C)	19,98	17,11	17,71	12,71	8,33	5,54	4,46	6,22	10,79	9,20	14,14	14,18
Temperatura del aire (°C)	19,0	17,0	19,5	6,5	1,0	-3,0	-3,0	-2,0	4,0	3,0	12,0	22,0
Conductividad eléctrica [μS/cm]	915	1094	1251	1296	1179	954	1140	1197	1047	975	778	869

Tabla 2.12 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ( $\mu\text{g/L}$ ) en la estación CL 2 (Río Colorado a la altura de Buta Ranquil) en el período Enero 2012-Diciembre 2012.

Metal/ metaloides ( $\mu\text{g/L}$ )	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/12)	12 (03/12/12)
Arsénico	7 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	<2	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	<2
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	24 $\pm$ 2	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1	<2	<2	5 $\pm$ 1	14 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1
Cobre	13 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1	16 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1
Cromo	1 $\pm$ 0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Molibdeno	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2 $\pm$ 1	<2	<2	<2	<2
Níquel	8 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1
Plomo	12 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	2 $\pm$ 1	3,0 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	<1	1 $\pm$ 0,5	6 $\pm$ 1	1,6 $\pm$ 0,5
Selenio	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Uranio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6 $\pm$ 0,1	<0,5	<0,5	<0,5	0,5 $\pm$ 0,1	<0,5



## RÍO COLORADO – ÁREA DESFILADERO BAYO – ESTACIÓN CL 3



Tabla 2.14 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 3 (Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, Pcia de Neuquén) en el período Enero 2012-Diciembre 2012.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/12)	12 (03/12/12)
Hora	09:29	10:01	10:00	09:50	09:46	10:18	10:12	10:04	09:59	09:48	09:30	09:57
pH	8,00	8,01	7,89	8,01	8,26	7,95	8,15	8,20	8,21	8,12	7,82	7,85
Temperatura del agua (°C)	21,50	18,57	19,047	12,69	7,98	6,06	4,91	6,91	11,68	10,38	16,64	15,37
Temperatura del aire (°C)	24,0	25,0	22,0	11,0	4,0	2,0	1,0	5,0	10,0	8,0	21,0	23,0
Conductividad eléctrica [µS/cm]	979	1094	1230	1265	1167	1056	1106	1206	1200	1008	814	886

Tabla 2.15 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ( $\mu\text{g/L}$ ) en la estación CL 3 (Río Colorado a la altura de Desfiladero Bayo) en el período Enero 2012 – Diciembre 2012

Metal/ metaloides ( $\mu\text{g/L}$ )	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/11)	12 (03/12/12)
Arsénico	16 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	<2	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
Cadmio	0,9 $\pm$ 0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	75 $\pm$ 5	9 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	13 $\pm$ 2	5 $\pm$	2 $\pm$ 1	<2	4 $\pm$ 1	16 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1
Cobre	21 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	10 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1	18 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1
Cromo	2 $\pm$ 1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Molibdeno	2 $\pm$ 1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2 $\pm$ 1	<2	<2	<2	<2
Níquel	16 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1
Plomo	37 $\pm$ 2	7 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	4 $\pm$ 1	2,0 $\pm$ 0,4	<1	<1	1 $\pm$ 0,5	6 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
Selenio	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Uranio	0,6 $\pm$ 0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7 $\pm$ 0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6 $\pm$ 0,1	<0,5





## RÍO COLORADO - ÁREA PUNTO UNIDO – ESTACIÓN CL 4



Tabla 2.17 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 4 (Río Colorado, Puente Dique Punto Unido, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, margen izquierda, provincia de La Pampa) en el período Enero 2012-Diciembre 2012.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/12)	12 (03/12/12)
Hora	13:51	14:03	14:33	14:29	14:11	14:32	14:33	14:35	14:14	14:08	14:16	14:24
pH	8,03	7,99	8,04	8,16	8,30	8,05	8,13	8,17	8,24	8,18	3	7,76
Temperatura del agua (°C)	25,50	23,86	23,35	14,64	9,77	7,86	5,99	8,81	13,07	15,32	21,19	21,20
Temperatura del aire (°C)	30,5	30,0	25,0	20,0	18,0	10,0	6,0	10,0	16,0	20,0	27,0	29,0
Conductividad eléctrica [μS/cm]	964	1259	1277	1357	1237	1057	1192	1261	1265	1091	952	871

Tabla 2.18 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ( $\mu\text{g/L}$ ) en la estación CL 4 (Río Colorado a la altura de Punto Unido) en el período Enero 2012-Diciembre 2012.

Metal/ metaloides ( $\mu\text{g/L}$ )	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/12)	12 (03/12/12)
Arsénico	6 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	<2	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	18 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1	<2	10 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	<2	4 $\pm$ 1	11 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1
Cobre	11 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	13 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1
Cromo	1 $\pm$ 0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Molibdeno	<2	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	<2	2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	<2	<2	<2
Níquel	7 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1
Plomo	9 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5	3 $\pm$ 0,5	2,0 $\pm$ 0,4	1 $\pm$ 0,5	<1	1 $\pm$ 0,5	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1
Selenio	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Uranio	0,5 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	<0,5	0,6 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 1



## RÍO COLORADO – ÁREA PASARELA MEDANITO – ESTACIÓN CL 5



Tabla 2.20 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 5 (Río Colorado, Pasarela Yacimiento Medanito, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2012-Diciembre 2012

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/12)	12 (03/12/12)
Hora	12:45	13:10	13:34	13:25	13:10	13:34	13:32	13:36	13:10	13:11	13:10	13:19
pH	8,03	7,88	8,0	8,01	8,23	7,92	8,09	8,06	8,11	8,11	7,85	7,72
Temperatura del agua (°C)	25,71	24,54	22,88	14,15	9,34	7,81	6,39	8,94	12,92	14,48	21,61	21,21
Temperatura del aire (°C)	29,0	30,0	26,0	19,0	15,0	13,0	6,0	12,0	16,0	15,5	30,0	26,0
Conductividad eléctrica [µS/cm]	1004	1314	1331	1403	1261	1041	1223	1282	1290	1146	985	909

Tabla 2.21 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ( $\mu\text{g/L}$ ) en la estación CL 5 (Río Colorado a la altura de Pasarela Medanito) en el período Enero 2012-Diciembre 2012.

Metal/ metaloides ( $\mu\text{g/L}$ )	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/12)	12 (03/12/12)
Arsénico	9 $\pm$ 1/9 $\pm$ 1	<2/2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1
Cadmio	<0,5/<0,5	<0,5/<0,5	<0,5/<0,5	<0,5/<0,5	<0,5/<0,5	<0,5/0,5	<0,5/<0,5	<0,5/<0,5	<0,5/<0,5	<0,5/<0,5	<0,5/0,5	<0,5/<0,5
Cinc	37 $\pm$ 2/36 $\pm$ 2	<2/<2	5 $\pm$ 1/7 $\pm$ 1	18 $\pm$ 137 $\pm$ 3	3 $\pm$ 1/13 $\pm$ 1	15 $\pm$ 2/6 $\pm$ 1	10 $\pm$ /9 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1	<2/<2	5 $\pm$ 1/4 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1/9 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1/7 $\pm$ 1
Cobre	15 $\pm$ 1/15 $\pm$ 1	<2/<2	4 $\pm$ 1/4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1	9 $\pm$ 1/7 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1/4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1/6 $\pm$ 1	9 $\pm$ 1/9 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1/7 $\pm$ 1
Cromo	1 $\pm$ 0,5/2 $\pm$ 1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1
Mercurio	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1	<1/<1
Molibdeno	<2/<2	<2/4 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	<2/<2	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	<2/2 $\pm$ 1	<2/<2	<2/<2
Níquel	10 $\pm$ 1/10 $\pm$ 1	<2/3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1/5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/4 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1/4 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1/6 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1/6 $\pm$ 1
Plomo	19 $\pm$ 1/19 $\pm$ 1	<1/1 $\pm$ 0,5	1 $\pm$ 0,5/2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0,5/2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 0,5/2 $\pm$ 1	4 $\pm$ 0,5/3 $\pm$ 1	4,0 $\pm$ 0,5/ 2,0 $\pm$ 0,4	1 $\pm$ 0,5/ 1 $\pm$ 0,5	<1/<1	2 $\pm$ 1/2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1/3 $\pm$ 1
Selenio	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2	<2/<2/	<2/<2	<2/<2
Uranio	0,6 $\pm$ 0,1 0,6 $\pm$ 0,1	<0,5/ 0,8 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1 0,6 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1 0,6 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 1 0,6 $\pm$ 1	0,8 $\pm$ 0,1/ 0,8 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1/ 0,7 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1/ 0,6 $\pm$ 0,1	0,69 $\pm$ 0,1/ 0,6 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1/ 0,5 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1/ 0,6 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1/ 0,7 $\pm$ 0,1





## DESCARGA EMBALSE CASA DE PIEDRA – ESTACIÓN CL 6



Tabla 2.23– Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 6 (Río Colorado, Presa embalse Casa de Piedra, aguas abajo de la descarga, margen derecha) en el período Enero 2012-Diciembre 2012.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/12)	12 (03/12/12)
Hora	16:44	17:05	17:28	16:56	17:08	17:23	17:03	17:30	17:19	16:45	17:12	18:00
pH	7,92	7,90	7,93	8,11	8,32	8,08	8,20	8,21	8,14	8,15	7,87	7,92
Temperatura del agua (°C)	20,91	22,60	21,35	18,02	13,55	11,36	7,85	6,51	7,95	12,35	15,52	19,56
Temperatura del aire (°C)	39,5	34,0	27,0	23,0	17,0	9,0	6,0	9,0	14,0	19,5	31,5	26,0
Conductividad eléctrica [μS/cm]	1213	1243	1242	1290	1163	1276	1290	1281	1303	1323	1324	1309

Tabla 2.24 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ( $\mu\text{g/L}$ ) en la estación CL 6 (en la descarga del embalse Casa de Piedra) en el período Enero 2012-Diciembre 2012.

Metal/ metaloides ( $\mu\text{g/L}$ )	Campañas											
	1 (03/01/12)	2 (30/01/12)	3 (05/03/12)	4 (09/04/12)	5 (14/05/12)	6 (04/06/12)	7 (02/07/12)	8 (06/08/12)	9 (03/09/12)	10 (01/10/12)	11 (05/11/12)	12 (03/12/12)
Arsénico	2±1	2±1	<2	2±1	2±1	2±1	2±1	2±1	2±1	2±1	2±1	2±1
Cadmio	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	12±1	<2	<2	10±1	5±1	3±1	3±1	<2	5±1	<2	<2	<2
Cobre	<2	<2	<2	2±1	2±1	2±1	2±1	2±1	2±1	2±1	3±1	<2
Cromo	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercurio	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Molibdeno	4±1	4±1	4±1	4±1	4±1	4±1	4±1	4±1	4±1	4±1	3±1	3±1
Níquel	3±1	3±1	3±1	3±1	4±1	4±1	3±1	4±1	4±1	4±1	4±1	4±1
Plomo	1±0,5	2±1	2±1	<1	<1	<1	1,0±0,4	<1	<1	<1	<1	<1
Selenio	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Uranio	0,7±0,1	0,7±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,9±0,1	0,9±0,1	0,9±0,1	0,9±0,1	0,9±0,9	0,8±0,1	0,8±0,1	<0,5



## RÍO COLORADO – ÁREA COLONIA JULIÁ y ECHARREN – ESTACIÓN CL 8



Tabla 2.26 – Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 8 (Río Colorado, Colonia Julia y Echarren) margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2012-Diciembre 2012.

Parámetros medidos <i>in situ</i>	Campañas											
	1 (04/01/12)	2 (31/01/12)	3 (06/03/12)	4 (10/04/12)	5 (15/05/12)	6 (06/06/12)	7 (03/07/12)	8 (08/08/12)	9 (04/09/12)	10 (02/10/12)	11 (6/11/12)	12 (04/12/12)
Hora	16:38	19:03	18:59	18:54	16:43	09:30	15,33	08:58	18:05	18:40	16:43	18:53
pH	8,18	7,99	7,89	7,98	8,21	8,26	8,12	8,14	8,12	8,11	8,16	8,00
Temperatura del agua (°C)	27,76	26,25	25,02	18,21	11,71	5,66	6,55	8,78	11,70	17,47	22,98	25,02
Temperatura del aire (°C)	34,5	20,0	25,0	16,0	18,0	-2,0	10,0	8,0	12,0	16,0	30,0	22,0
Conductividad eléctrica [μS/cm]	1350	1340	1348	1370	1485	1577	1564	1388	1370	1408	1468	1400

Tabla 2.27 - Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua ( $\mu\text{g/L}$ ) en la estación CL 8 (Río Colorado, Colonia Juliá y Echarren) en el período Enero 2012-Diciembre 2012.

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





### 2.5.1 Metales y metaloides

En las Tablas 2.6, 2.9, 2.12, 2.15, 2.18, 2.21, 2.24 y 2.17 se presentan los resultados obtenidos en el monitoreo de metales y metaloides llevado a cabo en el año 2012 en las estaciones de monitoreo establecidas en el sistema del río Colorado.

En dichas estaciones se observó en forma habitual la presencia de arsénico, cinc, cobre, níquel, plomo y uranio durante prácticamente todo el período de estudio. El uranio se detectó con frecuencia en las estaciones CL4, CL5, CL6 y CL8., mientras en una sola oportunidad en la estación CL 0 en el mes de enero, en dos en la estación CL 2 en los meses de julio y noviembre y en tres en la estación CL 3 en los meses de enero, junio y noviembre. En tanto que en la estación CL 1 no fue hallado durante todo el período de estudio.

Se registró la presencia de cromo en el mes de enero en las estaciones CL 0, CL 1, CL 2, CL 3, CL 4 y CL 5 y en el mes de agosto en la estación CL 8. En la estación CL 6 no fue detectado este metal.

En una sola oportunidad se registró la presencia de cadmio en las estaciones CL 0 y CL 3, ambas en la campaña de enero.

Con frecuencia se detectó molibdeno en las estaciones CL 0, CL 4, CL 5, CL 6 y CL 8, en tanto que sólo en una oportunidad se lo halló en la estación CL 2 en el mes de agosto y en dos en la estación CL 3 en los meses de enero y agosto, y no fue detectado en la estación CL 1.

No se observó la presencia de selenio ni de mercurio en ninguna estación.

### 2.5.2 HAPs

No se registró la presencia de HAPs en ninguna de las estaciones de monitoreo durante todo el período de estudio.

### 2.5.3 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides en muestras de agua fueron evaluados tomando como referencia valores guía (Tabla 2.29) que definen la aptitud del agua para diferentes usos (WHO 1993, 1998, 2006; *Canadian Environmental Quality Guidelines* 2005, 2006, 2012; CCREM 1987).

Tabla 2.29 - Valores guía para diferentes usos del agua

Parámetro	Valor guía (µg/L)			
	Agua Potable <sup>(1,2)</sup>	Irrigación <sup>(3)</sup>	Ganadería <sup>(4)</sup>	Vida acuática <sup>(5)</sup>
Arsénico	10	100	25	5
Cadmio	3	5,1	80	(*)
Cinc	3.000 <sup>(6)</sup>	1.000-5.000	50.000	30
Cobre	2.000	200-1.000 <sup>(7)</sup>	500-5.000	(**)
Cromo	50 <sup>(8)</sup>	4,9-8,0	50	1,0
Mercurio	6 <sup>(9)</sup>	-	3	0,026
Molibdeno	70	10-50 <sup>(10)</sup>	500	73
Níquel	70	200	1.000	(***)
Plomo	10	200	100	(****)
Selenio	10	20-50 <sup>(11)</sup>	50	1
Uranio	15 <sup>(12)</sup>	10	200	15

<sup>1</sup> Dado que en la mayoría de los suministros de agua potable con captaciones en el río Colorado, el único tratamiento de potabilización aplicado es la desinfección, se han adoptado los valores guía para el agua de bebida como valores guía de calidad de la fuente; <sup>(2)</sup> WHO, 1993, 1998, 2006; <sup>(3)</sup> CCME, (2005) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Irrigation*; <sup>(4)</sup> CCME, (2005) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Livestock*; <sup>(5)</sup> CCME, (2006, 2012) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. – <sup>(6)</sup> La OMS no fija valor guía para el cinc basado en consideraciones sobre la salud humana. El valor de 3000 µg/L está referido a la aceptabilidad por parte de consumidor. <sup>(7)</sup> 200 µg/L para cereales; 1000 µg/L para cultivos tolerantes. <sup>(8)</sup> Para cromo total. <sup>(9)</sup> Para mercurio inorgánico. <sup>(10)</sup> La concentración no debe exceder 10 µg/L para uso continuo en todos los suelos o 50 µg/L para uso no prolongado en suelos ácidos. <sup>(11)</sup> 20 µg/L para uso continuo en todos los suelos; 50 µg/L para uso intermitente en todos los suelos. <sup>(12)</sup> uranio inorgánico.

(\*) Los valores guía para la protección de la vida acuática para cadmio, cobre, níquel y plomo, tal como se recomienda en la última actualización de *Canadian Environmental Quality Guidelines* (noviembre 2012), fueron calculados en base a la dureza total promedio, empleando las siguientes ecuaciones (CCREM 1987; CCME 1996):

$$(*) \text{ Cadmio} = 10^{0,86 (\log \text{ dureza total}) - 3,2} \mu\text{g} / \text{L} ; (**) \text{ Cobre} = e^{0,845 (\ln \text{ dureza total}) - 1,465} \times 0,2 \mu\text{g} / \text{L} ;$$

$$(***) \text{ Níquel} = e^{0,76 (\ln \text{ dureza total}) + 1,06} \mu\text{g} / \text{L} ; (****) \text{ Plomo} = e^{1,273 (\ln \text{ dureza total}) - 4,705} \mu\text{g} / \text{L}$$

Estación	Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )		Promedio por estación	Valor guía (µg/L)			
	Año			Cadmio	Cobre	Níquel	Plomo
	2011	2012					
Buta Ranquil	317,0	282,3	299,7	0,085	5,72	220	12,9
Casa de Piedra	319,5	365,5	342,5	0,095	6,41	244	15,2
La Adela	336,0	388,8	362,4	0,100	6,72	254	16,4
Paso Alsina	-	386,9	366,0	0,101	6,78	256	16,6
Promedio general	324,2	355,9	351,9	0,095	6,41	244	15,3

La evaluación de los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en agua se llevó a cabo tomando como referencia los valores guías para la protección de la vida acuática publicados en *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* (CCME 2003), los cuales figuran en la Tabla 2.30.

Tabla 2.30 – Valores guía de HAPs para la protección de la vida acuática<sup>1</sup>

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

(1) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2003*

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

## 2.6 Discusión

### Metales y metaloides

Durante el año 2012 se observó un perfil de detección de metales y metaloides similar al de años anteriores.

Frecuentemente, en el mes de enero, se detectan las concentraciones más elevadas de metales y metaloides, particularmente en la estación CL 0 (río Barrancas) y, en ocasiones, en la CL 1 (río Grande), efecto que se transmite a las estaciones del río Colorado ubicadas aguas arriba del embalse Casa de Piedra.

En estas ocasiones, las concentraciones de algunos metales/metaloides suelen superar los valores guía para la protección de la vida acuática. En el presente período de estudio, esto fue comprobado en el mes de enero para arsénico, cadmio, cinc, cromo y plomo. Este efecto es transitorio y habitualmente circunscripto al mes de enero, verificándose principalmente en las estaciones ubicadas en las altas cuencas de los ríos Barrancas, Grande y Colorado. En los meses siguientes, los niveles disminuyen, ubicándose por debajo de los respectivos valores guía.

Una situación similar, pero limitada solamente a arsénico y plomo se observó en relación con los valores guía para uso como fuente de agua potable en las estaciones CL 0 y CL3 en el mes de enero.

El origen de los metales y metaloides detectados en concentraciones que superan los valores guía para la protección de la vida acuática, se atribuye a fuentes naturales vinculadas a la litología de la alta cuenca, ya que a los mismos se los detecta a partir de esa zona y en áreas libres de influencia antrópica.

La superación transitoria y circunscripta a un corto período de tiempo de algunos valores guía para uso como fuente de agua potable no reviste

significación, por representar bajos niveles de exposición y además, tienen lugar en sitios donde el agua no es sometida a dicho uso.

La superación de los valores guía para protección de la vida acuática también es transitoria y por cortos períodos. No obstante, su significación así como la de ciertos elementos para los cuales no es posible alcanzar el valor guía con el instrumental de medición disponible, es evaluada a través de la realización de ensayos ecotoxicológicos con agua.

Las concentraciones de metales y metaloides fueron inferiores a los respectivos valores guía para uso del agua en irrigación y ganadería.

### HAPs

Al igual que en años anteriores, no hubo detección de este tipo de sustancias en ninguna de las estaciones monitoreadas.

## 2.7 Ensayos ecotoxicológicos

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

### 2.7.1 Estaciones de monitoreo

Las muestras de agua para ensayos ecotoxicológicos fueron extraídas en el río Colorado en el mes de Octubre de 2011, en un área donde tienen lugar actividades potencialmente generadoras de contaminantes (estación CL 3) y en un sitio de uso relevante del agua (estación CL 4). En la Tabla 2.31 figuran las estaciones de muestreo con su ubicación geográfica.

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

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

### 2.7.2 Metodología de muestreo

En los sitios seleccionados se extrajeron muestras de 20 L de agua de acuerdo a lo indicado en el Procedimiento Operativo Estándar PO A002, Sección 4.3.5, las cuales fueron envasadas en bidones de plástico de 5 L de capacidad, previamente lavados (PO A001, Sección 4.4.6) sin dejar cámara

de aire y cerrados herméticamente. Las muestras fueron conservadas con hielo y despachadas en esas condiciones, dentro de las 24 h de su recolección y tomando los recaudos necesarios para su arribo al laboratorio dentro de las 48 horas.

### 2.7.3 Ensayos con *Daphnia magna*

(Tomado de Saenz, María Elena, Alberdi, José Luis, Tortorelli, María del Carmen; Di Marzio, Walter D. - Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Programa Integral de Calidad de Agua del Sistema del Río Colorado – Período 2012, Subprograma Calidad del Medio Acuático - Informe de Resultados, Noviembre de 2012).

Los ensayos de ecotoxicidad crónica preliminares y definitivos se realizaron de acuerdo a los lineamientos del protocolo recomendado por U.S. EPA, 1996, *Ecological Effects Test Guidelines, OPPTS 850.1300, Daphnid Chronic Toxicity Test, Public Draft*, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, 7101, EPA – 712-C-96-120: 1-10 y US EPA, 2002, *Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms – Fourth Edition – October, EPA-821-R02-013*.

La evaluación de la ecotoxicidad crónica del agua se llevó a cabo utilizando como organismo de ensayo *Daphnia magna*, registrándose como variables la supervivencia y la reproducción (a través de la estimación del índice reproductivo denominado Tasa Neta de Reproducción) de la población de este microcrustáceo del zooplancton dulceacuícola, al cabo de 21 días de exposición a las muestras de agua extraídas en sitios seleccionados en el río Colorado en el mes de Noviembre de 2012.

Los datos de supervivencia/mortalidad obtenidos al cabo de 21 días de exposición, a una concentración del 100% de cada una de las muestras, fueron sometidos al *Test Exacto de Fisher* a efectos de comprobar la existencia de diferencias significativas entre la supervivencia registrada en la población control y los distintos grupos de tratamiento. Del mismo modo, cada 48 a 72 horas se determinó el número de neonatas hembras generadas en cada una de las réplicas de los distintos tratamientos y control. De esta manera, se estimó el número promedio de nuevos ejemplares hembra producidos, en ese período, por hembra expuesta en cada una de las réplicas de los grupos de tratamiento y control. Al cabo de 21 días de exposición, se realizó la suma de los números promedio de juveniles producidos, en cada período, por hembra expuesta en los distintos grupos de tratamiento y control, determinándose la Tasa Neta de Reproducción para dichos grupos.

### 2.7.4 Resultados

#### 2.7.4.1 Supervivencia

Los resultados obtenidos para cada una de las diferentes concentraciones analizadas y grupos control respecto del efecto tóxico crónico sobre la mortalidad de los ejemplares expuestos durante 21 días se resumen en la Tabla 2.32. Se indican los valores medios de los porcentajes de supervivencia registrados, al cabo de 21 días de exposición, a una

concentración del 100% de cada una de las muestras y controles, considerando tres réplicas por tratamiento.

Tabla 2.32 - Porcentajes de supervivencia observados en una población de *Daphnia magna*, al finalizar el ensayo al cabo de 21 días, para los controles y organismos expuestos a dos muestras de agua extraídas en el río Colorado en Noviembre de 2012. Los resultados representan el promedio de tres réplicas por tratamiento y control.

Muestra	Supervivencia (%)	$F^1$ ( $\alpha = 0,05$ )	$b^2$
Control <sup>3</sup>	96,66		
Desfiladero Bayo (CL 3)	93,33	23	28
Punto Unido (CL 4)	93,33	23	28

<sup>1</sup> Valor Crítico de Fisher ( $F$ ); a un nivel de significación del 0,05 <sup>2</sup>Parámetro de Fisher; si  $b$  es mayor que  $F$  no existe diferencia significativa entre el Control y el Tratamiento considerado, a un nivel de significación del 0,05<sup>3</sup> Población control, mantenida durante 21 días en las condiciones indicadas para el ensayo en agua de dilución, en ausencia de muestra. \*Significativamente diferente de los controles (Test exacto de Fisher,  $\alpha = 0,05$ ), si es que existe. El valor de  $b$  para las muestras es 28. SI  $b$  es mayor que 23.0 no existen diferencias significativas entre el control y los organismos expuestos a las muestras de las estaciones CL 3 y CL 4, al nivel de significación de 0.05.

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

#### 2.7.4.2 Reproducción

Los resultados obtenidos para cada una de las muestras analizadas respecto del efecto tóxico crónico sobre la reproducción, expresada como Tasa Neta de Reproducción, de la población de *Daphnia magna* expuesta a las muestras durante 21 días se resumen en la Tabla 2.33. Se indican los valores medios y la desviación estándar de la Tasa Neta de Reproducción calculada, al cabo de 21 días de exposición a cada una de las muestras analizadas del Río Colorado y control, considerando tres réplicas por tratamiento.

Tabla 2.33 - Tasa neta de reproducción (expresada como el número promedio de progenie hembra capaz de ser producida por cada hembra de la población durante toda su vida) calculada en una población de *Daphnia magna*, como consecuencia de la exposición crónica a dos muestras provenientes del río Colorado extraídas en Noviembre de 2012, analizado durante 21 días. Los resultados representan el promedio de tres réplicas por tratamiento y control.

Muestra	Tasa Neta de Reproducción (número promedio de progenie hembra/hembra)
Control <sup>1</sup>	74,1333 (± 3,14 )
Desfiladero Bayo (CL 3)	75,8333 (±2,71 )
Punto Unido (CL 4)	72,8567 (± 3,99 )

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

Los valores de la Tasa Neta de Reproducción así calculados para los distintos grupos de tratamiento y control fueron sometidos al *Test  $\chi^2$  (Chi cuadrado)*, a fin de determinar su normalidad, y al *Test de Bartlett*, con el objeto de estimar la existencia de homogeneidad de varianzas.

Sobre la base de la existencia de normalidad y homogeneidad de varianzas, los datos originales obtenidos fueron sometidos al test ANOVA de una vía y al test de Dunnett a fin de comprobar la existencia de diferencias significativas entre los valores de la Tasa Neta de Reproducción de los distintos grupos de tratamiento y el grupo control, con un nivel de significación de 0,05.

Los resultados alcanzados indican que la muestras provenientes de las Estaciones 3 (Desfladero Bayo) y la muestra 4 (Punto Unido) analizadas no resultan ejercer efecto tóxico crónico significativo respecto del control (ANOVA de un factor y test de Dunnett,  $\alpha = 0,05$ ), sobre la reproducción, expresada como *Tasa Neta de Reproducción*, de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días, en las condiciones de los ensayos.

En el ANEXO III del presente informe, con fines comparativos, se ha incluido la serie histórica (en formato digital) que comprende los años 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004-2005, 2006-2007, 2008, 2009, 2010 y 2011 (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2010, 2011a, 2011b, 2012; Alcalde *et al.* 2000, 2003, 2005; Perl 2000, 2002).

#### 2.7.5 Discusión

En las estaciones CL 3 y CL 4 simultáneamente con las muestras de agua para ensayos ecotoxicológicos, se extrajeron muestras para análisis de metales y metaloides.

Los resultados obtenidos en los ensayos ecotoxicológicos (ausencia de efectos tóxicos crónicos), permiten inferir que, a pesar de que los límites de

cuantificación alcanzados para cadmio, mercurio y selenio en el análisis químico están por encima de los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática y por lo tanto el cumplimiento de éstos no puede ser verificado por esta vía, no existirían efectos adversos atribuibles a niveles potencialmente existentes y no detectados de estas sustancias.

La misma consideración puede extenderse a la concentración de cobre detectada en diciembre de 2012 en la estación CL 4, cuyo nivel excede el valor guía para la protección de la vida acuática.

## Referencias

- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2000, *Evaluación de la calidad del agua del sistema río Colorado-embalse Casa de Piedra para diferentes usos*, 4tas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la industria del Petróleo y del Gas, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 3 al 6 de octubre de 2000, Salta.
- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2003, *Calidad del ambiente acuático en el sistema del río Colorado*, 5<sup>tas</sup> Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 4 al 7 de noviembre de 2003, Mendoza
- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2005, *Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Colorado (Argentina)*, XX Congreso Nacional del Agua, 9 al 14 de mayo de 2005, Mendoza
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2006, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2005, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses - Irrigation*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2005, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses - Livestock*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCREM (Canadian Council of Resource and Environment Ministers), 1987, *Canadian Water Quality Guidelines*.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 1999, *Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema Río Colorado-Embalse Casa de Piedra*, Informe Técnico, Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2001, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2000, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía y Minería de la Nación, Grupo Interempresario. 73 pp y Anexos
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2002, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2001, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía y Minería de la Nación, Grupo Interempresario. 73 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2003, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2002, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 97 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2004, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2003, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 127 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2006, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Años 2004-2005, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 189 pp.



- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2008, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático, Años 2006-2007*, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 189 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2010, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático, Año 2008*, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 266 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2011a, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático, Año 2009*, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 121 pp. y anexos en formato digital.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2011b, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático, Año 2010*, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 121 pp. y anexos en formato digital.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2012, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático, Año 2011*, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 341 pp. y anexos (en formato digital).
- Gaskin, J. E., 1993, *Quality assurance in water quality monitoring*, Ecosystem Science and Evaluation Directorate, Conservation and Protection Environment Canada, Ottawa, Ontario.
- ISO/IEC, 2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- Perl, J.E., 2000, *Programa Integral de Calidad de Aguas de la Cuenca del río Colorado, Argentina*, IV Seminario Taller de Cuencas Hidrológicas Patagónicas – Río Gallegos.
- Perl, J.E., 2002, *Manejo Integral de la Cuenca del río Colorado - Calidad de Aguas* IV Seminario Internacional de Cuencas, Ushuaia, noviembre de 2002.
- WHO (World Health Organization), 1993, *Guidelines for drinking-water quality*, Second edition, Volume 1, Recommendations, Geneva.
- WHO (World Health Organization), 1998, *Guidelines for drinking-water quality*, Second edition, Addendum to Volume 2, Health criteria and other supporting information, Geneva.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), 2006, *Guías para la calidad del agua potable*, Primer apéndice a la tercera edición – Volumen 1 – Recomendaciones.





# Sedimentos de Fondo

Capítulo 3



## **CONTENIDO**

### **3.1 Introducción**

### **3.2 Estaciones de monitoreo**

### **3.3 Metodología de muestreo**

### **3.4 Metodologías analíticas**

#### 3.4.1 Análisis de metales y metaloides

3.4.1.1 *Técnicas y métodos analíticos*

3.4.1.2 *Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio*

#### 3.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares y alifáticos

3.4.2.1 *Técnica y métodos analíticos*

3.4.2.2 *Control de calidad analítica*

### **3.5 Resultados**

#### 3.5.1 Metales y metaloides

#### 3.5.2 HAPs

#### 3.5.3 Valores guía

### **3.6 Discusión**

### **3.7 Ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo**

#### 3.7.1 Ensayos con *Hyaella curvispina*

#### 3.7.2 Ensayos con *Vallisneria spiralis*

#### 3.7.3 Evaluación de biomarcadores sobre *Vallisneria spiralis*

#### 3.7.4 Discusión

## **Referencias**



### 3.1 Introducción

Como componente del Subprograma Calidad del Medio Acuático, se lleva a cabo la evaluación de la calidad de los sedimentos de fondo, en relación con la protección de la vida acuática. En este compartimento, se efectúan muestreos con el fin de investigar la presencia de las sustancias tóxicas que podrían proceder de fuentes naturales y antrópicas existentes en la cuenca.

Los sedimentos de fondo están en parte constituidos por el depósito de material particulado que el agua transporta en suspensión. Este material, según su constitución y tamaño de grano, tiene la propiedad de adherir, mediante fenómenos de superficie, sustancias cuya estructura química les confiere afinidad por el mismo. En lugares de baja velocidad de la corriente de agua, tienden a sedimentar, incorporando en los sedimentos de fondo las sustancias que traen adheridas.

Estas sustancias, una vez depositadas pueden sufrir diferentes destinos, entre otros: resuspensión, desorción, difusión hacia el agua intersticial, bioacumulación y bioconcentración en organismos acuáticos, transferencia a las cadenas tróficas, etc.

Por lo tanto, es necesario determinar su presencia y niveles en los sedimentos de fondo, con el fin de evaluar su significación en relación con la preservación de la vida acuática.

Este aspecto es investigado en el marco del Subprograma Calidad del Medio Acuático, a través del monitoreo de la calidad de los sedimentos de fondo. Para este fin, con frecuencia anual se efectúan muestreos en este compartimento, en sitios representativos de fuentes potenciales de sustancias tóxicas y en lugares de acumulación de sedimentos.

Las sustancias tóxicas investigadas, metales pesados e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs), tienen relación con la existencia de fuentes naturales y antrópicas. Entre las primeras figura la litología de la alta cuenca, representada por un intenso vulcanismo en épocas pasadas, el cual ha dado lugar a la presencia de rocas que poseen diversos metales pesados y metaloides en su composición, los cuales, a través de fenómenos de meteorización, son liberados al ambiente. Entre las segundas se cuentan las actividades productivas e industriales del petróleo y la presencia de asentamientos humanos ribereños, las cuales son potenciales generadoras de metales/metaloides y HAPs.

La evaluación está orientada hacia la búsqueda de niveles de concentración extremadamente bajos de estas sustancias, ya que está referida a posibles efectos tóxicos crónicos en la biota acuática. Ello requiere la aplicación de metodologías analíticas de alta complejidad, bajo un riguroso programa de aseguramiento de la calidad de las operaciones de campo y laboratorio.

Complementariamente, los resultados obtenidos a través de los análisis químicos son confirmados y ampliados mediante la realización de ensayos ecotoxicológicos crónicos, los cuales aportan información sobre la actividad ecotoxicológica global de los sedimentos de fondo.

### 3.2 Estaciones de muestreo

Las muestras de sedimentos de fondo fueron extraídas en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández y en la cola y la toma del embalse Casa de Piedra.



Fig. 3.1 – Estaciones de monitoreo de sedimentos de fondo en el río Colorado (Desfiladero Bayo – Aguas abajo de Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra (cola y toma)

En la Tabla 3.1 figuran las estaciones de muestreo y su ubicación.



Tabla 3.1 Estaciones de monitoreo de sedimentos de fondo en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra (cola y toma)

Estación de muestreo	Coordenadas geográficas
Río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández <sup>(1)</sup>	S 37' 18' 31.4" - O 69° 02' 54.6"
Embalse Casa de Piedra (cola) <sup>(2)</sup>	
SED 1	S 38° 12' 16.76" - O 67° 39' 37.79"
SED 2	S 38° 12' 02.32" - O 67° 39' 37.99"
Embalse Casa de Piedra (toma) <sup>(3)</sup>	
SED 1a	S 38° 12' 32.7" - O 67° 13' 13.7"
SED 1b	S 38° 12' 51.8" - O 67° 12' 34.3"
SED 1c	S 38° 12' 59.5" - O 67° 12' 19.4"
SED 2a	S 38° 12' 17.7" - O 67° 12' 54.7"
SED 2b	S 38° 12' 35.7" - O 67° 12' 19.2"
SED 2c	S 38° 12' 41.8" - O 67° 12' 00.8"
SED 3a	S 38° 12' 00,3" - O 67° 12' 37.7"
SED 3b	S 38° 12' 15.4" - O 67° 12' 02.8"
SED 3c	S 38° 12' 23.1" - O 67° 11' 44.3"

(1) Debido al escaso caudal del río, en el presente ciclo el muestreo se realizó en pequeños embanques con agua circundante, cercanos al brazo principal (S 37°18'31,4" - O 69°02'54,6"). Esta ubicación dista aproximadamente 170 m de la original.

(2) Dado que el área de la cola del embalse estaba sin agua, se extrajeron tres muestras de sedimentos en una ubicación cercana al sitio de embarque (S 38°12'34.8" - O 67°39'22.0"), distante 650 m del sitio SED 1.

(3) En la toma del embalse, los sitios SED 2a y SED 3a presentaban escasa profundidad y ausencia de sedimentos arcillosos, razón por la cual se muestreó en lugares aptos lo más cercanos posibles.

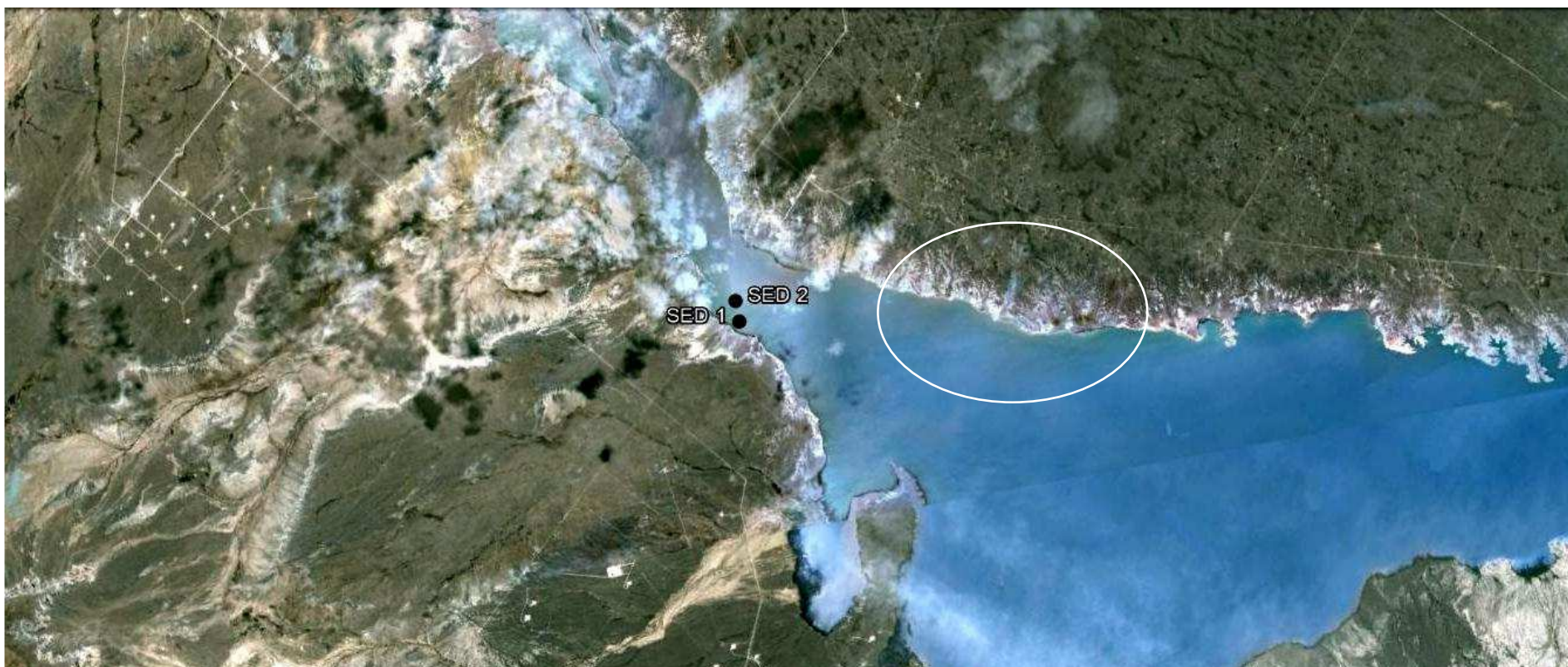
## RÍO COLORADO – ÁREA DE LA EX-DISCARGA DE LA PLANTA DESHIDRATADORA DE CRUDO DE PUESTO HERNÁNDEZ

Ubicada sobre la margen derecha, sobre un pequeño brazo del río Colorado, en el área de Rincón de los Sauces. Son sus coordenadas geográficas S 37° 18' 32.8" O 69° 03' 1.1". Es un área con potentes manifestaciones de vulcanismo en el pasado, en la cual tiene lugar una extensa explotación hidrocarburífera. La estación de monitoreo de sedimentos de fondo se encuentra ubicada aguas abajo del cañadón en el cual descargaba el efluente la planta deshidratadora de crudo de Puesto Hernández. Fue establecida para el programa de relevamiento general (1997-1999), siendo designada entonces como estación n° VI. Desde el año 2000 es operada como estación de la red de monitoreo de sedimentos de fondo.



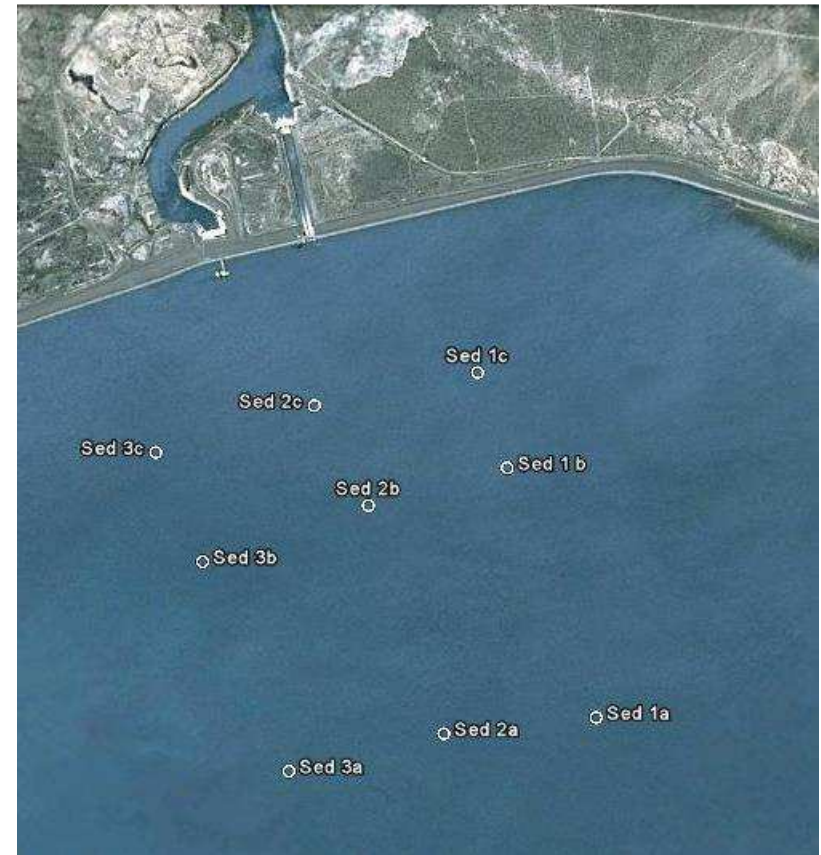
## EMBALSE CASA DE PIEDRA – ÁREA DE LA COLA DEL EMBALSE

Estación ubicada en la cola del embalse Casa de Piedra. En este área se han establecido dos sitios de muestreo: SED 1 (S 38° 12' 16.76" - O 67° 39' 37.79") y SED 2 (S 38° 12' 02.32" - O 67° 39' 37.99"). Esta zona fue estudiada por primera vez en el relevamiento general realizado entre 1997 y 1999, en la entonces denominada estación nº XXIII. Es representativa de un área de acumulación de arcillas y limos transportados por el río Colorado, después de atravesar zonas donde existen actividades potencialmente generadoras de contaminantes (metales pesados y metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares).



## EMBALSE CASA DE PIEDRA – ÁREA DE LA TOMA

Estación ubicada a la altura de la toma del embalse Casa de Piedra. En este área se han establecido tres transectas con tres sitios de muestreo cada una: Sed 1a (S 38°12'32.7" - O 67°13'13.7"), Sed 1b (S 38°12'51.8" - O 67°12'34.3"), Sed 1c (S 38°12'59.5" - O 67°12'19.4"), Sed 2a (S 38°12'17.7" - O 67°12'54.7"), Sed 2b (S 38°12'35.7" - O 67°12'19.2"), Sed 2c (S 38°12'41.8" - O 67°12'00.8"), Sed 3a (S 38°12'00.3" - O 67°12'37.7"), Sed 3b (S 38°12'15.4" - O 67°12'02.8") y Sed 3c (S 38°12'23.1" - O 67°11'44.3"). Esta estación comenzó a operarse en el año 2000 con un solo sitio de muestreo, ampliándose a tres en el año 2002 y a los 9 sitios actuales en el año 2007. Esta estación representativa de la zona lacustre del embalse, con profundidades comprendidas entre 20 m y 25 m representa un área de sedimentación de material particulado fino con potencialidad de adsorción de contaminantes (metales/metaloideos y HAPs).



### 3.3 Metodología de muestreo

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

Para el muestreo de sedimentos de fondo en la estación ubicada en el río Colorado aguas abajo de Puesto Hernández se utilizó un tubo de acrílico (*corer*) de 5 cm de diámetro interno y 65 cm de largo (Fig. 3.1a). En una grilla, se tomaron 20 muestras, extrayéndose de cada una de ellas sendas submuestras de los primeros 5 cm de sedimento. Las 20 submuestras se homogeneizaron en recipientes de vidrio previamente acondicionados (Fig. 3.1b) y posteriormente se extrajeron las porciones (1 kg) para enviar a cada uno de los laboratorios.



Fig. 3.1 – (a) Muestreo de sedimentos de fondo en el río Colorado mediante un *corer* de acrílico (b) Submuestreo de las muestras de sedimento (c) Homogeneización de las submuestras y (d) envasado de la muestra homogeneizada de sedimento para análisis de hidrocarburos.

Los elementos de muestreo y homogeneización (3.1c) y envasado (3.1d) fueron previamente lavados mediante el procedimiento antes descrito.

Para el análisis de metales y metaloides, las porciones de sedimentos fueron envasadas en bolsas de polietileno. Para el análisis de HAPs las porciones fueron colocadas en bandejas de aluminio (Fig. 3.2).



Fig. 3.2 – Muestras de sedimentos de fondo en sus correspondientes envases para análisis de metales/metaloides y HAPs.

En el embalse Casa de Piedra las muestras de sedimentos de fondo fueron extraídas desde una embarcación utilizándose una draga tipo *Eckman* (Fig. 3.3).



Fig. 3.3 –Draga tipo *Eckman* empleada en el muestreo de sedimentos de fondo en el embalse Casa de Piedra.

Para obtener las submuestras de los sedimentos de fondo extraídos con la draga se emplearon elementos de vidrio previamente lavados con ácido nítrico al 5% y agua ultrapura (Tipo I ASTM) (muestras para análisis de metales/metaloideos y ensayos ecotoxicológicos) y con ácido nítrico 5% y acetona grado cromatográfico (muestras para análisis de hidrocarburos). Mediante dichos elementos se submuestrearon las porciones de sedimentos que no estuvieron en contacto con la draga. Las submuestras obtenidas fueron homogeneizadas en recipientes de vidrio (Fig. 3.4) sometidos al procedimiento de lavado antes indicado, extrayéndose luego las porciones para enviar a los laboratorios. Se estima que los sedimentos obtenidos son representativos del estrato 0-10 cm



Fig. 3.4 – Homogeneización de los sedimentos de fondo extraídos mediante draga en el embalse Casa de Piedra.

Las muestras de sedimentos de fondo para ensayos ecotoxicológicos fueron extraídas solamente en el embalse Casa de Piedra. Las correspondientes submuestras fueron envasadas en porciones de 1 kg en bolsas de polietileno sometidas previamente al procedimiento de lavado antes descrito (Fig. 3.5).



Fig. 3.5 – Muestras de sedimentos de fondo del embalse Casa de Piedra para ensayos ecotoxicológicos.

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

### 3.4 Metodologías analíticas

#### 3.4.1 Análisis de metales y metaloides

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

##### 3.4.1.1 *Técnicas y métodos analíticos*

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



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

Elemento	Técnica analítica	Método	Límite de cuantificación (µg/g)
Arsénico	A.A. por generación de hidruros	EPA 3051 - 7061a	1
Bario	ICP	EPA 3051 - 6010 B	0,4
Boro	ICP	EPA 3051 - 6010 B	2
Cadmio	ICP	EPA 3051 - 6010 B	0,5
Cinc	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1
Cobre	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1
Cromo	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1
Mercurio	A.A. por vapor frío	EPA 3051- EPA 7471a	0,05
Molibdeno	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1
Níquel	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1
Plata	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1
Plomo	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1
Selenio	AA por generación de hidruros	EPA 3051 - 7741a	0,2
Vanadio	ICP	EPA 3051 - 6010 B	1

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

#### 3.4.1.2 Control de calidad de las operaciones de campo y laboratorio

La verificación de la calidad analítica se llevó a cabo analizando, junto con las muestras de sedimentos de fondo extraídas en septiembre de 2012, un material de referencia certificado (WQB-1 - *Reference Sediment - National Water Research Institute (NWRI) - Canada*). En la Tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos.

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

Elemento	Concentración certificada (µg/g)	Concentración hallada (µg/g)	Error %
Arsénico	23,1	22	-4,8
Bario	413	410	-0,7
Boro	77,3	74	-5,6
Cadmio	1,79	1,8	-4,3
Cinc	279	274	-1,8
Cobre	78,4	78	-0,5
Cromo	77,2	73	-5,4
Mercurio	1,09	1,0	-8,3
Molibdeno	1,20	1,1	-8,3
Níquel	63,1	62	-1,7
Plata	0,85	<1	-
Plomo	85,0	80	-5,9
Selenio	1,53	1,5	-2,0
Vanadio	107	105	-1,9

(1) Gaskin, J.E. 1993

### 3.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares y alifáticos

#### 3.4.2.1 Técnica y métodos analíticos

Los análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares en sedimentos de fondo fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Análisis Cromatográficos CIC de Lomas del Mirador, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2005)

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

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

En la Tabla 3.4 figuran los HAPs analizados y los límites de cuantificación alcanzados por el laboratorio.

Tabla 3.4 – HAPs analizados y sus respectivos límites de cuantificación

HAPs	Límite de detección (µg/g)	Límite de cuantificación (µg/g)
Naftaleno	0,0005	0,002
Acenafteno	0,0005	0,002
Acenaftileno	0,0005	0,002
Fluoreno	0,0005	0,002
Fenantreno	0,0005	0,002
Antraceno	0,0005	0,002
Metilnaftaleno	0,0005	0,006
Dimetilnaftaleno	0,0005	0,006
Metilfenantreno	0,0005	0,006
Dimetilfenantreno	0,0005	0,006
Fluoranteno	0,0005	0,002
Pireno	0,0005	0,002
Benzo[b]fluoranteno	0,0005	0,002
Benzo[k]fluoranteno	0,0005	0,002
Criseno	0,0005	0,002
Benzo[a]antraceno	0,0005	0,002
Benzo[a]pireno	0,0005	0,002
Dibenzo[a,h]antraceno	0,0005	0,002
Benzo[g,h,i]perileno	0,0005	0,002
Indeno[c,d]pireno	0,0005	0,002

### 3.4.2.2 Control de calidad analítica

Con el fin de evaluar la calidad analítica se llevó a cabo el análisis de una muestra de sedimentos fortificada con un estándar de HAPs con una concentración de 2 µg/mL de Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno, Fluoranteno, Pireno, Benzo[a]antraceno, Criseno, Benzo[b]fluoranteno, Benzo[k]fluoranteno, Benzo[a]pireno, Dibenzo[a,h]antraceno, Benzo[ghi]perileno, Indeno[1,2,3-cd]pireno. En la Tabla 3.5 se muestran los porcentajes de recuperación obtenidos.

Tabla 3.5. Porcentajes de recuperación de HAPs en una muestra de sedimentos de fondo fortificada con un estándar.

HAPs	% Recuperación <sup>(1)</sup>
Naftaleno	72,0
Acenaftileno	74,0
Acenafteno	75,0
Fluoreno	80,0
Fenantreno	99,0
Antraceno	93,0
Fluoranteno	98,0
Pireno	96,0
Benzo[a]antraceno	95,0
Benzo[k]antraceno	95,0
Criseno	99,0
Benzo[b]fluoranteno	93,0
Benzo[k]fluoranteno	93,0
Benzo[a]pireno	95,0
Indeno[1,2,3-cd]pireno	96,0
Dibenzo[a,h]antraceno	75,0
Benzo[ghi]perileno	92,0

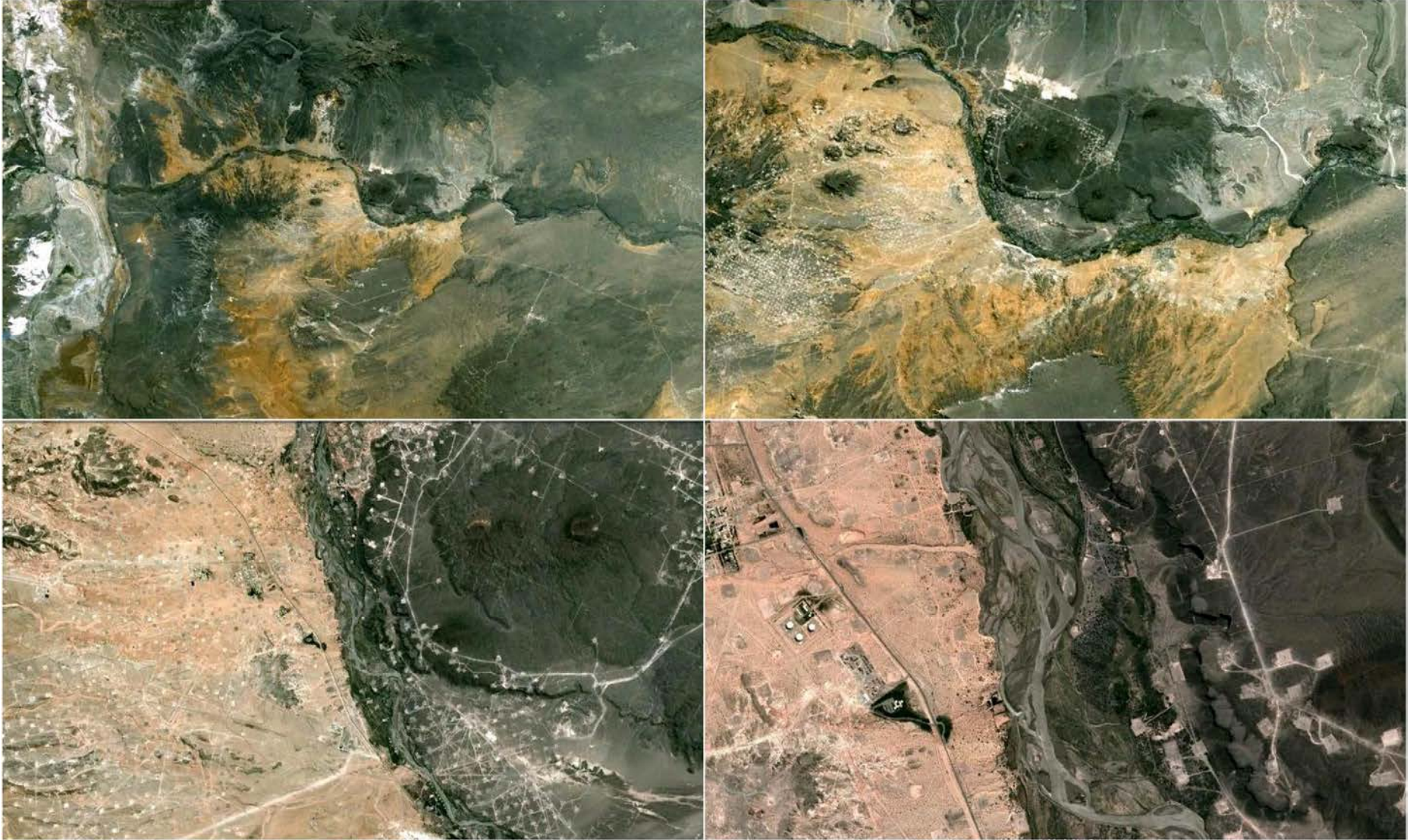
<sup>(1)</sup> Gaskin, J.E., 1993.

## 3.5 Resultados

### 3.5.1 Metales y metaloides y HAPs

En las Tablas 3.6, 3.8, 3.10, 3.11, 3.12 y 3.14 se muestran los resultados del análisis de metales y metaloides en la fracción recuperable total y en las Tablas 3.7, 3.9, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19 los resultados de análisis de HAPs, en muestras de sedimentos de fondo extraídas en el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra (cola y toma), en el período 2004 - 2012. En los Anexos IV y V se ha incluido el registro completo de resultados obtenidos en el período 2000 - 2011 (COIRCO 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2011a y 2011b).

Río Colorado - Área de la ex-descarga de la planta deshidratadora de crudo de Puesto Hernández



Metales y metaloides

Tabla 3.6 – Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández, en octubre de 2012, en comparación con las concentraciones observadas en septiembre de 2004, marzo de 2005, julio de 2006, mayo de 2007, mayo de 2008, septiembre de 2009, octubre de 2010 y septiembre de 2011.

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Arsénico	5,2	7,0	5,3	6,3	5,4	5,0	17	8,6	6,2
Bario	405	333	266	463	399	322	780	489	398
Boro	10	30	50	77	21	24	71	32	41
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	78	49	61	84	48	44	202	36	21
Cobre	29	13	21	39	16	22	117	24	11
Cromo	26	23	18	19	12	9,0	42	21	20
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,08	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	19	16	15	29	19	17	56	22	13
Plata	<1	80	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	8,6	8,0	8,4	8,0	7,5	8,5	29	13	8,2
Selenio	0,6	0,6	0,4	<0,2	<0,2	0,4	0,7	<0,2	0,4
Vanadio	110	98	87	151	169	174	284	168	94

Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Tabla 3.7 – HAPs en sedimentos de fondo ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández en octubre de 2012 en comparación con las concentraciones observadas en septiembre de 2004, marzo de 2005, julio de 2006, mayo de 2007, mayo de 2008, septiembre de 2009, octubre de 2010 y septiembre de 2011.

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Naftaleno	<LC	0,011	<LC	<0,010	<LC	<LC (0,0041)	0,0369	0,0149	0,0123
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC
Fenantreno antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,00109	0,0769	<LD	<LC (0,0008)
Metilnaftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC
Dimetilnaftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC
Metilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0118	0,0203	<LD	<LC
Dimetilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<0,030	<LC	0,0132	<LD	<LD	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC (0,0008)	<LC (0,0057)	0,0062	<LD	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC (0,0018)	<LC	<LD	0,0085	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC (0,0018)	<LD	<LD	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0062	<LC (0,0010)	<LC (0,0013)	<LD	0,0108
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0079	<LD	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0032	<LD	<LD	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0045	0,0058	<LD	<LC
Benzo[ghi]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0021	<LD	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC

Embalse Casa de Piedra (área cola)



Metales y metaloides

Tabla 3.8 – Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra en octubre de 2012, en comparación con las concentraciones observadas en septiembre de 2004, marzo de 2005, julio de 2006, mayo de 2007, mayo de 2008, septiembre de 2009, octubre de 2010 y septiembre de 2011.

Metal/metaloides ( $\mu\text{g/g}$ )	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Arsénico	5,7	6,0	5,0	9,5	5,9	7,5	6,8	9,3	7,2
Bario	146	279	157	334	304	260	292	256	190
Boro	8,5	58	54	72	23	26	55	52	64
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	56	105	54	91	51	69	91	46	43
Cobre	22	44	25	44	17	42	44	40	20
Cromo	23	38	15	21	11	11	21	22	28
Mercurio	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,08	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	16	20	10	29	19	23	27	26	17
Plata	<1	24	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	3,2	20	10	13	9,1	14	13	16	9,6
Selenio	0,7	0,7	0,6	0,2	0,3	0,5	1,0	<0,2	0,6
Vanadio	56	191	67	160	122	131	227	154	123



### Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Tabla 3.9. HAPs en sedimentos de fondo ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra, en octubre de 2012, en comparación con las concentraciones observadas en septiembre de 2004, marzo de 2005, julio de 2006, mayo de 2007, mayo de 2008, septiembre de 2009, octubre de 2010 y septiembre de 2011.

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Naftaleno	<LC	0,040	<LC	<0,010	<LC	0,0076	0,0377	0,0054	0,0153
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD
Fenantreno/Antraceno	0,017	0,047	<LC	<LC	<LC	0,0287	0,0459	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LC	0,025	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	(0,0015) <LD
Dimetilnaftaleno	0,055	0,059	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0435	0,0137	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LC	0,054	0,030	<0,030	<LC	0,0208	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,046	<LD	<LD
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0062	<LD	<LD	<LD
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LC			<LC	<LC	0,0098	0,005	<LD	0,0075
Benzo[a]antraceno	<LC	0,012	0,018	<LC	<LC	0,0108	<LD	0,0084	0,0015
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,015	<LD	<LD
Benzo[ghi]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,012	<LD	<LD
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD

## Embalse Casa de Piedra (área toma)



## Metales y metaloides

Tabla 3.10 – Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo en la toma del embalse Casa de Piedra en septiembre de 2004, marzo de 2005, y julio de 2006.

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	2004	2005	2006
Arsénico	4,3	2,0	17
Bario	104	409	565
Boro	18	75	145
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	44	112	181
Cobre	18	42	85
Cromo	13	15	50
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1
Níquel	13	5,5	40
Plata	<1	102	5
Plomo	1,2	23	26
Selenio	0,8	0,6	2,0
Vanadio	95	252	225

Tabla 3.11 - Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra en mayo de 2007.

Metal/metaloides ( $\mu\text{g/g}$ )	2007									
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c	
Arsénico	2,0	3,7	6,4	4,3	3,8	3,9	4,6	4,4	4,9	
Bario	68	102	153	171	87	115	204	139	269	
Boro	24	42	46	49	34	34	66	36	45	
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Cinc	40	35	36	57	36	32	65	34	46	
Cobre	15	21	17	26	19	18	31	21	15	
Cromo	5,5	7,8	9,8	14	7,3	7,8	18	8,5	13	
Mercurio	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Níquel	8,1	13	14	18	12	12	22	13	17	
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Plomo	1,3	5,6	3,2	4,7	2,9	2,2	1,8	1,8	2,6	
Selenio	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
Vanadio	44	63	110	152	59	66	186	75	123	

Tabla 3.12 - Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra en mayo de 2008.

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	2008										
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c		
Arsénico	12	11	11	3,9	12	11	4,4	11	11		
Bario	219	222	213	128	228	215	144	222	232		
Boro	78	88	88	15	77	94	18	77	82		
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
Cinc	15	10	35	29	32	19	33	17	8,0		
Cobre	36	34	34	10	34	33	11	35	33		
Cromo	15	15	15	8,7	15	15	9,5	15	15		
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
Níquel	27	27	26	13	27	26	13	27	26		
Plata	<1	<1	<1	<1	<1		<1	<1	<1		
Plomo	9,5	11	12	3,9	13	12	3,9	9,8	11		
Selenio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,2		
Vanadio	221	224	216	158	218	217	174	219	222		

Tabla 3.13 - Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en transectas en la toma del embalse Piedra en septiembre de 2009.

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	2009								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Arsénico	8,5	7,7	8,1	6,6	10	7,6	3,9	8,5	9,0
Bario	163	185	161	173	187	67,3	113	205	197
Boro	66	70	68	20	74	61	21	69	59
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	67	53	53	45	55	51	35	58	53
Cobre	36	38	44	20	36	34	12	36	35
Cromo	7,5	8,4	7,7	5,4	7,8	7,1	6,1	10	9,7
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	17	70	18	11	17	17	9,1	17	18
Plata	<1	18	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	8,0	<1	8,1	6,9	8,5	8,2	3,9	8,2	9,0
Selenio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,3	1,6	<0,2	0,5	0,6
Vanadio	209	224	232	166	231	261	181	240	229

Tabla 3.14 - Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra en octubre de 2010.

Metal/metaloides ( $\mu\text{g/g}$ )	2010									
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c	
Arsénico	7,2	5,1	2,7	4,7	4,8	4,0	3,6	7,5	1,3	
Bario	240	248	211	218	238	190	184	291	204	
Boro	25	23	65	25	20	65	78	55	26	
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Cinc	117	109	130	40	38	24	5,0	55	2,7	
Cobre	44	39	36	41	36	34	29	43	30	
Cromo	22	22	22	21	20	17	17	22	18	
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Níquel	26	25	23	26	25	22	22	29	21	
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Plomo	9,0	9,6	6,0	9,3	7,8	6,9	4,3	13	3,8	
Selenio	0,4	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,7	0,4	<0,2	
Vanadio	155	165	201	165	190	234	209	222	144	

Tabla 3.15 - Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra en septiembre de 2011.

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	2011								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Arsénico	8,0	9,1	7,1	7,9	9,0	7,3	9,3	6,6	7,0
Bario	225	226	224	239	245	217	225	371	205
Boro	79	79	66	99	90	58	93	33	44
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	33	2,8	23	29	4,1	14	13	22	15
Cobre	44	43	39	45	51	46	48	23	28
Cromo	23	22	21	23	25	23	22	23	20
Mercurio	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	0,08	<0,08
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	21	21	21	21	24	21	21	18	17
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	23	14	11	14	22	14	34	18	8,4
Selenio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Vanadio	196	193	192	201	219	188	197	234	157



Tabla 3.16 - Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra en octubre de 2012.

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	2012									
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c	
Arsénico	12	8,4	11	12	13	11	12	6,4	10	
Bario	215	111	164	210	228	217	213	100	298	
Boro	60	20	34	24	41	69	23	22	68	
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Cinc	124	22	35	62	76	69	54	21	54	
Cobre	35	6,2	17	28	27	38	22	2,5	19	
Cromo	21	8,3	16	22	28	27	20	6,7	22	
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Níquel	24	11	17	21	30	27	19	7,0	16	
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Plomo	19	6,8	11	11	15	11	12	3,6	6,8	
Selenio	0,4	<0,2	0,8	0,4	<0,2	0,5	<0,2	<0,2	<0,2	
Vanadio	157	80	123	146	177	170	148	65	131	

Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Tabla 3.17 - HAPs en sedimentos de fondo ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) extraídos transectas en la toma del embalse Casa de Piedra en septiembre de 2004, marzo de 2005 y julio de 2006.

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	2004	2005	2006
Naftaleno	<LC	0,029	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	0,036	<LC
Fenantreno/Antraceno	<LC	0,159	<LC
Metilnaftaleno	<LC	<LC	<LC
Dimetilnaftaleno	<LC	0,154	0,035
Metilfenantreno	<LC	<LC	<LC
Dimetilfenantreno	<LC	0,230	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC
Criseno + Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]perileno	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC

Tabla 3.18 – HAPs en sedimentos de fondo ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) extraídos transectas en la toma del embalse Casa de Piedra en mayo de 2007.

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	2007								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno <sub>1,3</sub>	<0,010	<0,010	<0,010	0,010	0,0176	0,0106	<0,010	0,0101	<0,010
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<0,010	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,056	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno/Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metilnaftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetilnaftaleno	0,058	<0,030	<0,030	<0,030	0,070	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Metilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetilfenantreno	<LC	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,0325	<0,030	<0,030	<0,030
Fluoranteno	<LC	<0,010	<LC	<LC	<0,010	0,0315	<LC	<0,010	<0,010
Pireno	<LC	<LC	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno + Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC



Tabla 3.20 – HAPs en sedimentos de fondo ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra en septiembre de 2009.

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	2009								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno	<LC	0,0147	<LC (0,0019)	<LC (0,0004)	15,2	<LC (0,0012)	13,1	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2,2	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	62,9	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metilnaftaleno	0,0257	0,0341	0,0154	<LC	0,0147	0,0085	<LC	<LC	<LC
Dimetilnaftaleno	0,1317	0,0178	0,0792	<LC (0,0046)	0,0622	0,0377	<LC	0,0518	<LC (0,0057)
Metilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetilfenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0075	0,006	0,0037	0,0055	0,0116
Pireno	<LC (0,0018)	<LC	<LC	<LC	0,0064	0,005	0,0078	0,0045	0,0099
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC



Tabla 3.22 – HAPs en sedimentos de fondo ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra en septiembre de 2011.

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	2011								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[ghi]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD





## Metales/metaloides

Se observaron concentraciones de arsénico, bario, cinc, cobre, níquel, plomo y vanadio en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado (área aguas abajo de Puesto Hernández) inferiores a las registradas en el año 2011 (Tabla 3.6). En tanto que los niveles de boro y selenio fueron superiores a las de ese año. No hubo detección de cadmio, mercurio, molibdeno y plata en los sedimentos de fondo extraídos en esta estación.

Las concentraciones de metales/metaloides en la cola del embalse Casa de Piedra, mostraron un patrón similar al observado en Puesto Hernández, siendo la única diferencia un ligero aumento en la concentración de cromo (Tabla 3.8).

En la toma del embalse (Tabla 3.16), se registraron concentraciones variables de metales/metaloides con respecto al año 2011. Los niveles de bario, boro, cobre, cromo, plomo y vanadio fueron inferiores a los observados el año anterior en casi todos los sitios muestreados. En tanto que, arsénico y cinc presentaron en general valores superiores. El níquel presentó valores variables en los distintos sitios, en algunos casos inferiores y en otros superiores con respecto al ciclo anterior. Se halló selenio en cuatro de los nueve sitios muestreados. No se detectó la presencia de cadmio, mercurio, molibdeno y plata.

## HAPS

En las muestras de sedimentos de fondo extraídas aguas abajo de Puesto Hernández (Tabla 3.7), se observó la presencia de naftaleno y criseno. En la cola del embalse Casa de Piedra (Tabla 3.9) además de naftaleno y criseno se detectó benzo[a]antraceno. En la toma del embalse (Tabla 3.23) no hubo detección de HAPs en ninguno de los sitios muestreados.

### 3.5.3 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides y HAPs fueron evaluados tomando como referencia los valores guía para la protección de la vida acuática publicados en *Canadian Environmental Guidelines* (CCME 2002) los cuales figuran en las Tablas 3.24 y 3.25.

Tabla 3.24 -Valores guía y niveles de efecto probable de metales y metaloides en sedimentos de fondo de agua dulce para la protección de la vida acuática<sup>(1)</sup>

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

<sup>(1)</sup>Canadian Environmental Quality Guidelines, CCME, 2002

Tabla 3.25. Valores guía de HAPs para la calidad de los sedimentos de aguas dulces para la protección de la vida acuática (CCME 2002)

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

### 3.6 Discusión

Los niveles de metales/metaloideos hallados en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado aguas abajo de Puesto Hernández y en el embalse Casa de Piedra (cola y toma), con la única excepción del arsénico, fueron inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática. Sin embargo, las concentraciones de arsénico observadas fueron en todos los casos, inferiores al nivel de efecto probable (Figs. 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9).

En relación con los HAPs, los niveles hallados en el río Colorado aguas abajo de Puesto Hernández y en la cola del embalse Casa de Piedra, resultaron muy inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática (Tabla 3.21).

Los ensayos ecotoxicológicos llevados a cabo con sedimentos de fondo (Sección 3.7), aportan información complementaria acerca de la significación de las concentraciones de metales y metaloideos (como en el caso del arsénico) que superaron el valor guía para protección de la vida acuática. También, permiten evaluar un posible efecto adverso debido a la presencia de otros metales/metaloideos y HAPs para los cuales aún no han sido derivados valores guía, aunque no individualizarlo si existiera.

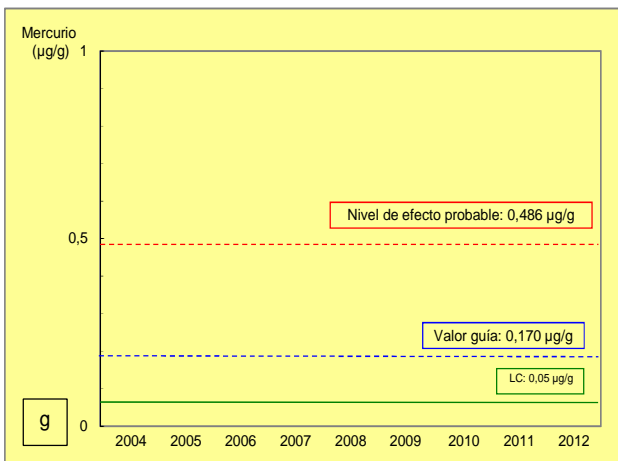
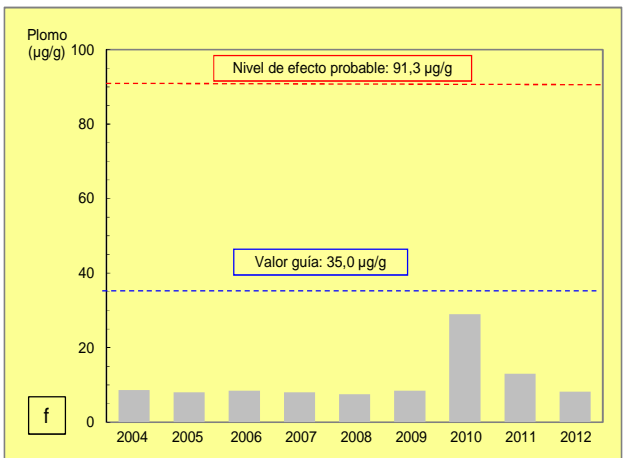
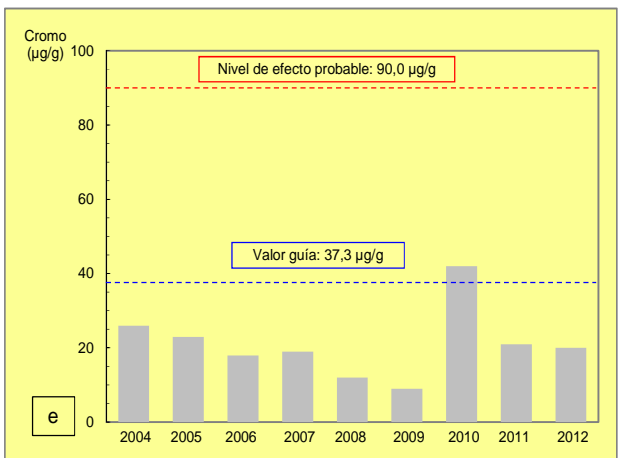
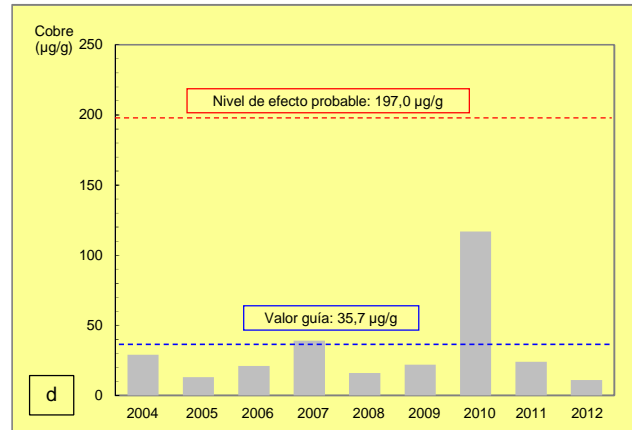
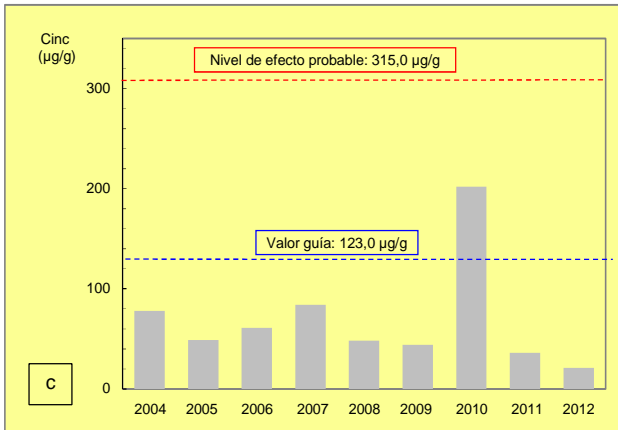
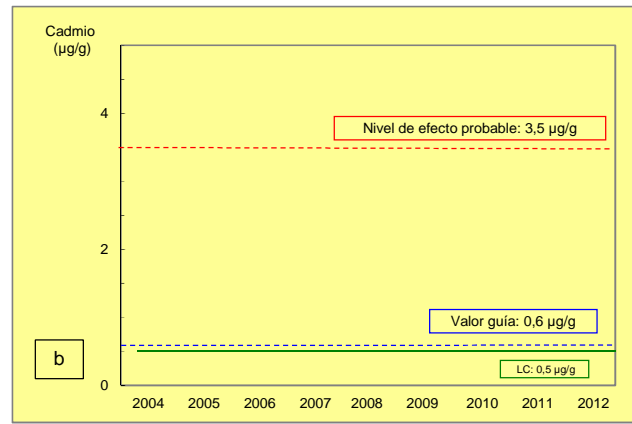
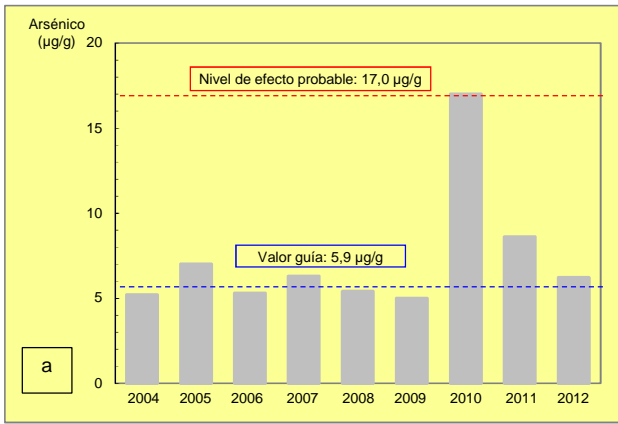


Fig. 3.6 (a, b, c, d, e, f, g) - Variación de la concentración de arsénico, cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio y plomo en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la estación ubicada aguas abajo de Puesto Hernández en relación con los respectivos valores guía y niveles de efecto probable para la protección de la vida acuática (Período 2004 -2012).

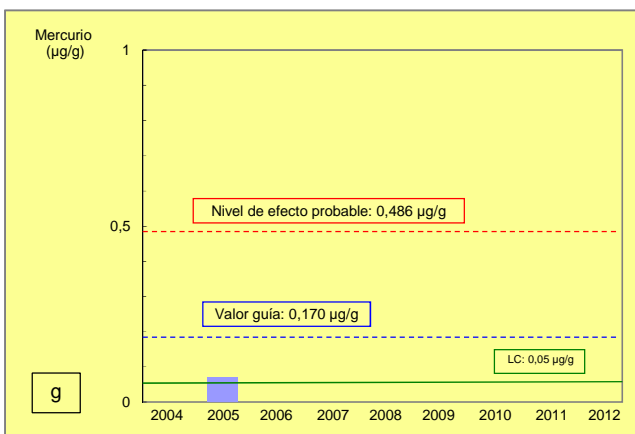
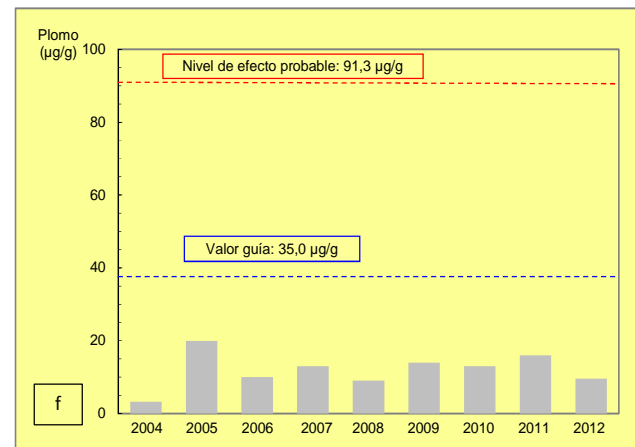
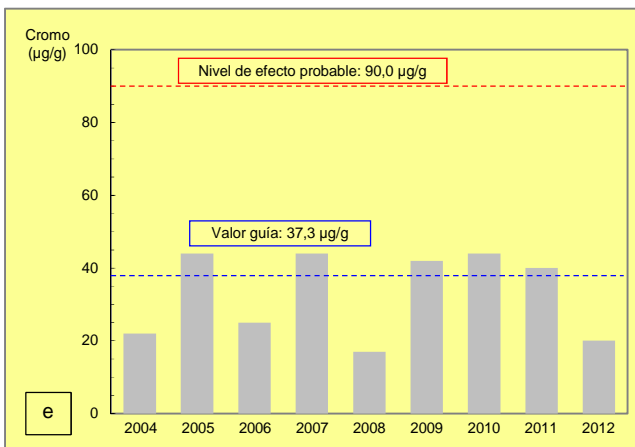
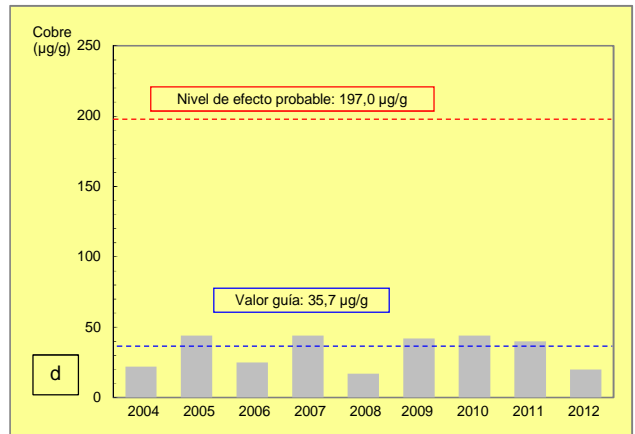
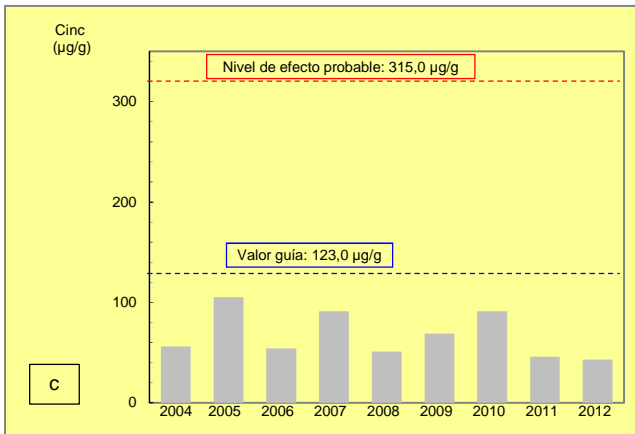
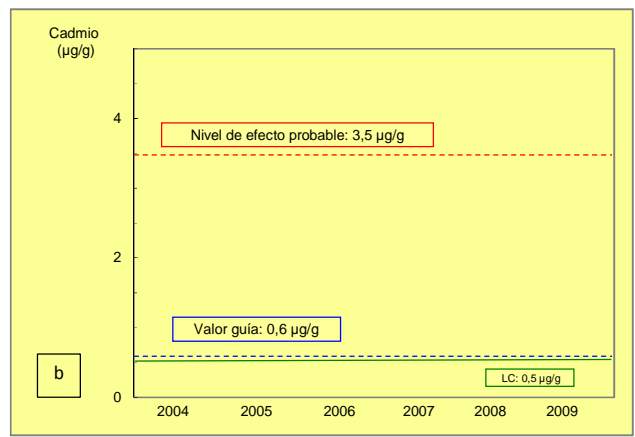
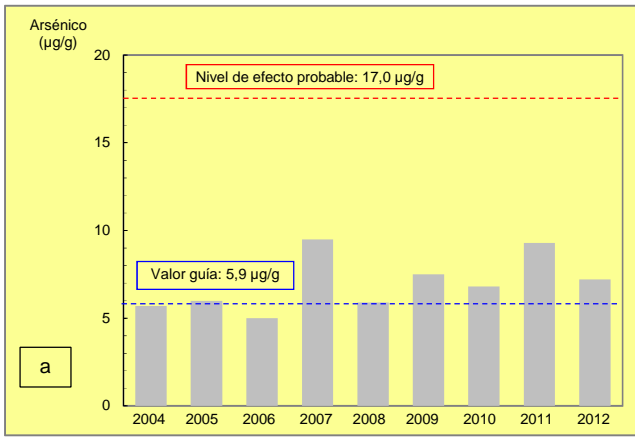


Fig. 3.7 (a, b, c, d, e, f, g) - Variación de la concentración de arsénico, cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio y plomo en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la estación ubicada en la cola del embalse Casa de Piedra en relación con los respectivos valores guía y niveles de efecto probable para la protección de la vida acuática (Período 2004 -2012).

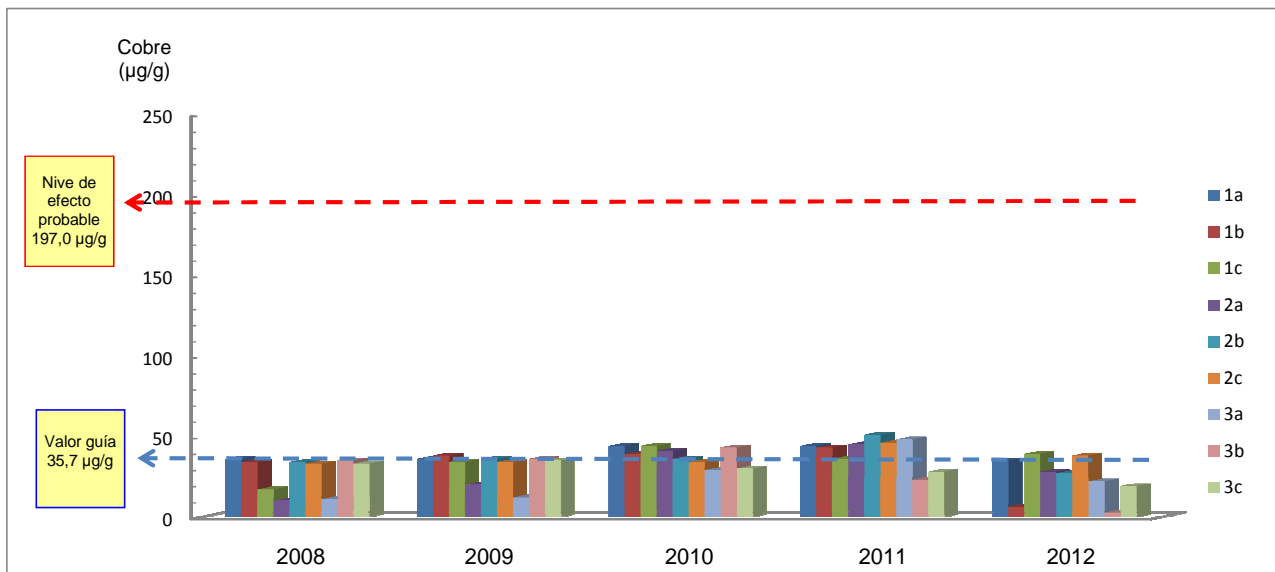
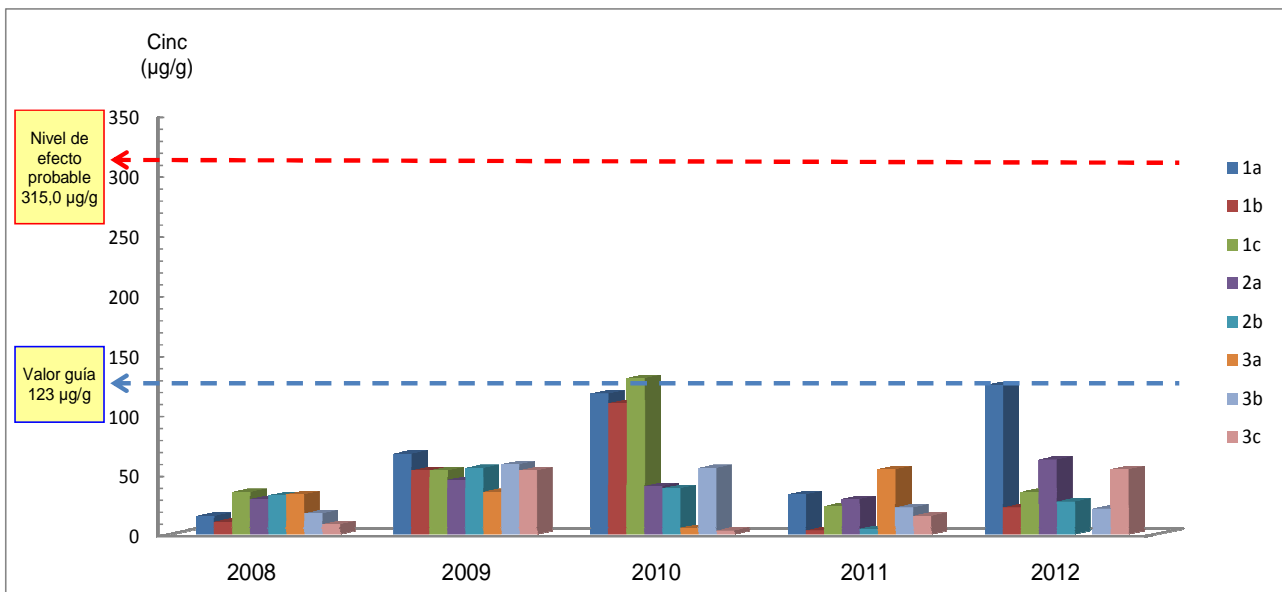
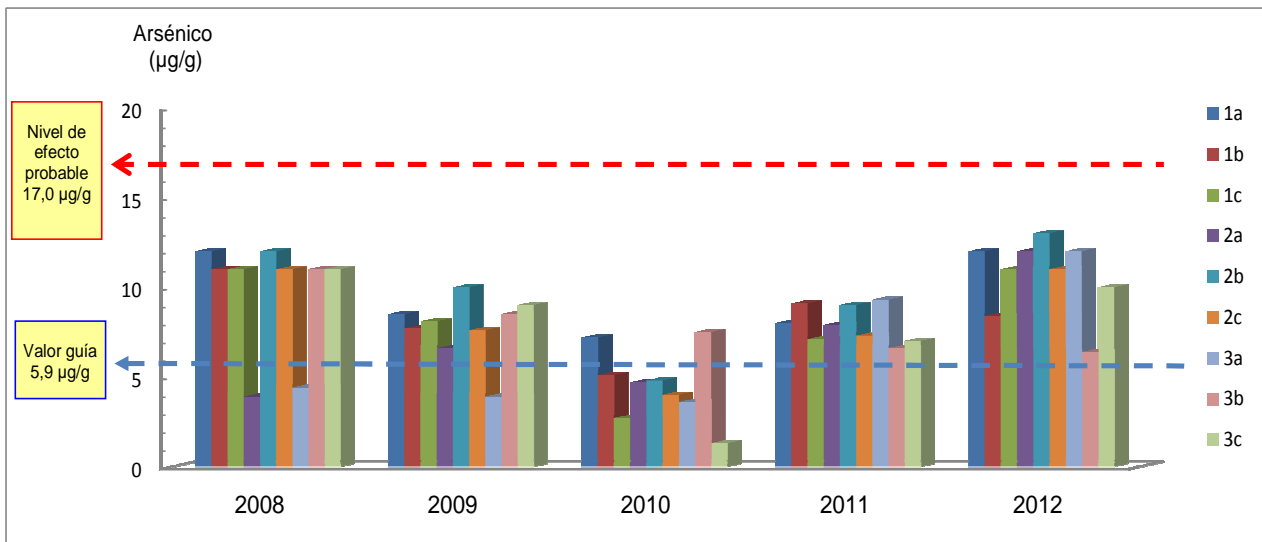


Fig. 3.8 – Variación de la concentración de arsénico, cinc y cobre en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en transectas en la estación ubicada en la toma del embalse Casa de Piedra, en relación con los respectivos valores guía y niveles de efecto probable para la protección de la vida acuática (Período 2008 -2012).

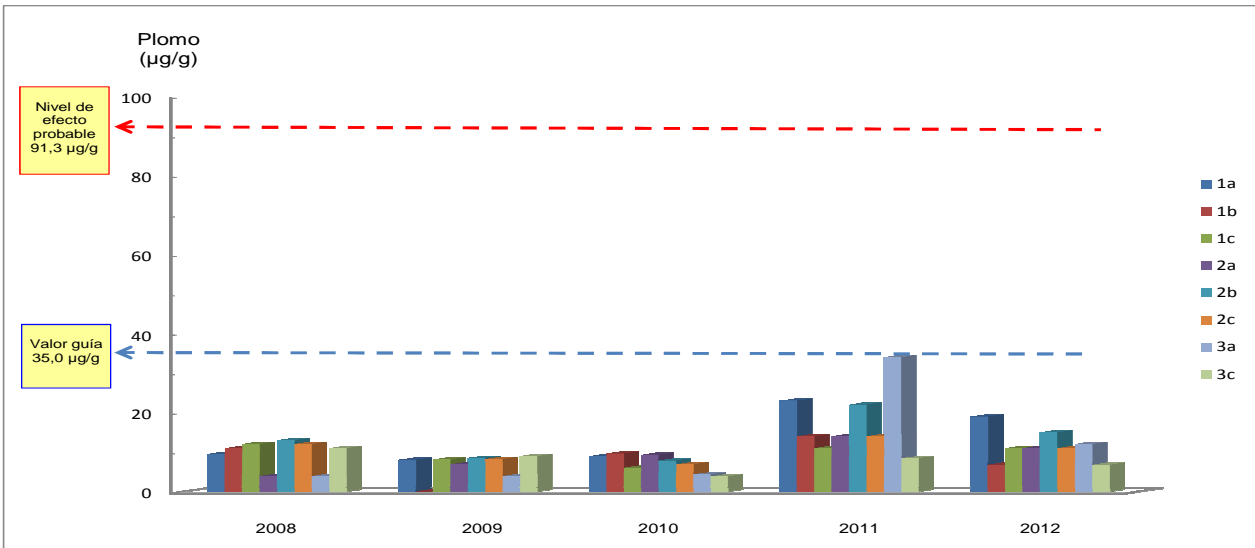
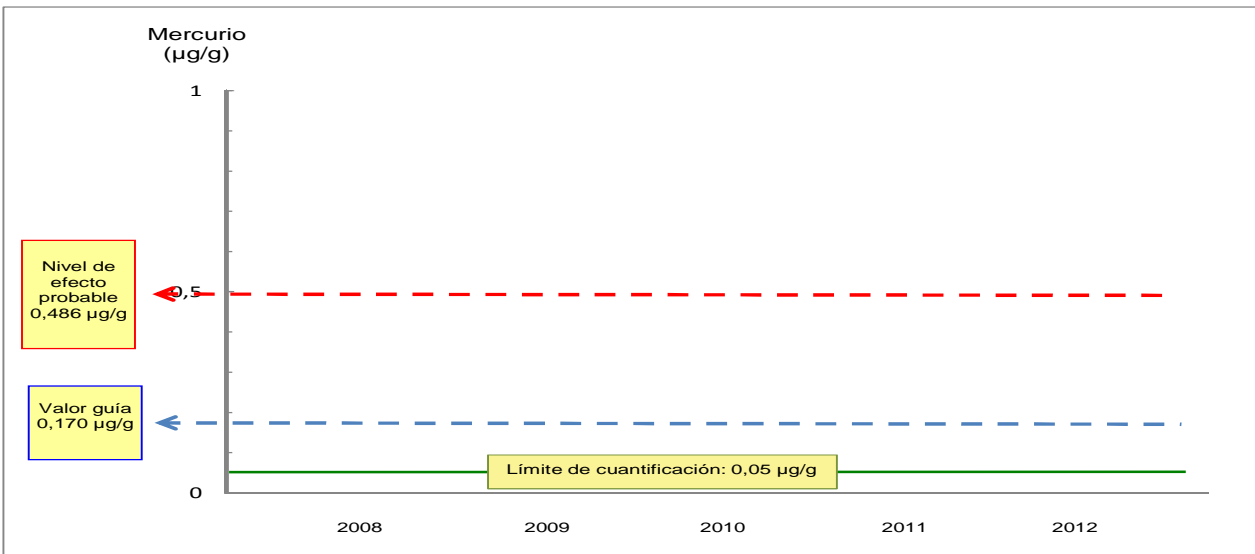
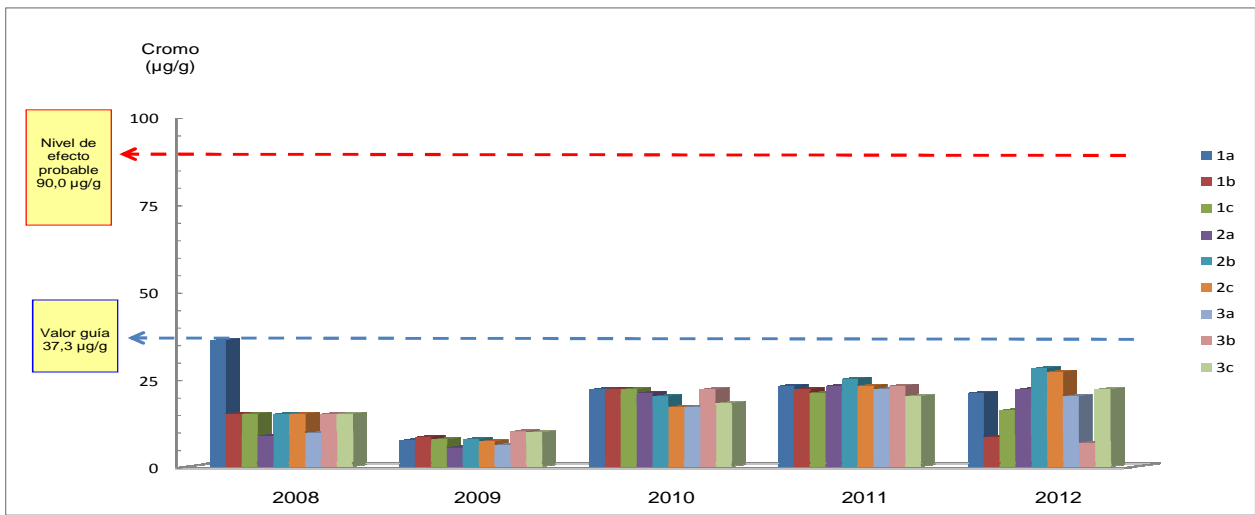


Fig. 3.9 – Variación de la concentración de cromo, mercurio y plomo en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en transectas en la estación ubicada en la toma del embalse Casa de Piedra, en relación con los respectivos valores guía y niveles de efecto probable para la protección de la vida acuática (Período 2007 -2012).

### 3.7 Ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo

(Tomado de Saenz, María Elena; Alberdi, José Luis; Tortorelli, María del Carmen; Di Marzio, Walter D. - *Programa de Investigación en Ecotoxicología (PRIET) – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Programa Integral de Calidad de Agua del Sistema del Río Colorado – Período 2011, Subprograma Calidad del Medio Acuático - Informe de Resultados, Noviembre de 2012*).

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

Para los ensayos fueron empleados dos organismos: *Hyaella curvispina*, crustáceo anfípodo bentónico y *Vallisneria spiralis*, macrófita acuática enraizada. En este último organismo fueron evaluados además los biomarcadores guaiacol peroxidasa y catalasa.

#### 3.7.1 Ensayos con *Hyaella curvispina*

Los ensayos con *Hyaella curvispina* se efectuaron con muestras de sedimentos de fondo extraídas aguas abajo de Puesto Hernández y en el embalse Casa de Piedra (cola y toma). La duración del diseño de ensayo seleccionado fue de 10 días. El protocolo utilizado corresponde al recomendado por la *U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA 1996, 2000)* y Di Marzio (Di Marzio *et al.* 1999).

Se evaluaron las muestras de sedimentos de fondo entero extraídas en las estaciones antes mencionadas, exponiendo a las mismas una población de *Hyaella curvispina* y registrándose como variables del ensayo la mortalidad y el crecimiento.

Al cabo de los 10 días de exposición, los distintos medios de ensayo control y tratados fueron filtrados a través de una malla de 400 µm, a fin de separar y contar los ejemplares sobrevivientes en cada uno de ellos. Del mismo modo, se separaron los sobrevivientes y se midió la longitud total de estos ejemplares, en los grupos controles y tratados, a efectos de analizar las diferencias en el crecimiento potencial consecuencia de la exposición a los sedimentos evaluados.

Los resultados alcanzados respecto de la mortalidad y crecimiento de los ejemplares controles y expuestos, durante 10 días a las muestras de sedimentos evaluados han sido resumidos en la Tabla 3.27.

Tabla 3.27. Porcentajes de mortalidad y valores de la longitud total media observados como resultado de la exposición durante 10 días de una población de *Hyalella curvispina* a muestras de sedimento entero (100%) obtenidas aguas abajo de Puesto Hernández y en las estaciones Toma (1a, 3a y 2c) y Cola del embalse Casa de Piedra en el mes de Octubre de 2012.

Muestra	Mortalidad (%)	Longitud total (µm)
Control <sup>1</sup>	9,75 (±0,50)	1165 (±133,79)
Puesto Hernández	6,25* (±1,50)	1027,5 (±53,15)
Cola del embalse	9 (±0,82)	1142 (±198,33)
Toma del embalse 1a	9,25 (±0,50)	1260 (±92,01)
Toma del embalse 2c	8,75 (±1,50)	1240 (±103,60)
Toma del embalse 3a	6,5* (±1,29)	995 (±42,03)

<sup>1</sup> Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra. Los valores entre paréntesis son desvíos estándar.

\*Diferencias significativas (ANOVA- Dunnett  $p < 0,05$ ).

Los resultados informados en la Tabla 3.27 indican que no se han registrado efectos ecotóxicos significativos de los sedimentos analizados respecto del crecimiento sobre individuos de *Hyalella curvispina* en ninguna de las muestras. En tanto que, se registraron efectos tóxicos significativos sobre la mortalidad en las muestras toma del embalse 3a y Puesto Hernández.

### 3.7.2 Ensayos con *Vallisneria spiralis*

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

Se incubaron ejemplares jóvenes obtenidos a partir de cultivos pertenecientes al Laboratorio del Programa de Investigación en Ecotoxicología, en las muestras de sedimentos de fondo extraídas en el río Colorado (Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra (en la Cola y en la Toma) en el mes de octubre de 2012.

La variable observada en los ensayos fue la generación de biomasa, mediante el conteo de hojas y la determinación del contenido de clorofila *a*.

Se llevaron a cabo estimaciones de la biomasa inicial de los ejemplares utilizados, mediante el conteo del número de hojas de cada planta.

Las concentraciones utilizadas para el ensayo fueron del 0% (control) y 100% para cada una de las muestras de las estaciones Puesto Hernández, toma del Embalse y cola del Embalse. Los ensayos de toxicidad se llevaron



a cabo por duplicado en acuarios de 50 cm de altura por 60 cm de largo por 30 cm de ancho, utilizándose un acuario por muestra.

Las incubaciones se realizaron a 22 °C con un fotoperíodo de 12 h luz/12 h oscuridad, bajo una intensidad lumínica de 1500 lux. Los recipientes se mantuvieron con aireación a lo largo del ensayo.

Al cabo de 10 días de incubación, se determinó el número de hojas nuevas en ejemplares expuestos y controles, como una estimación de la generación de biomasa a lo largo de la exposición, calculándose la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR). Por otra parte, a la finalización del ensayo, se realizaron estimaciones del contenido de clorofila *a* de los ejemplares tratados y controles. Estas estimaciones fueron realizadas mediante la técnica espectrofotométrica con lectura de extractos de clorofila en acetona *in vitro*. Se utilizó un espectrómetro *Shimadzu*.

Los resultados obtenidos en los ensayos se muestran en la Tabla 3.28

Tabla 3.28. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) y contenido de clorofila *a* de *Vallisneria spiralis* al cabo de 10 días de exposición a sedimento control y a muestras de 100% de sedimento provenientes de las estaciones: Puesto Hernández, toma y cola del embalse Casa de Piedra (octubre de 2012). Los resultados para cada muestra representan el promedio y desvío estándar

Muestra	Tasa de crecimiento relativo (TCR)	Contenido de clorofila <i>a</i> (mg/g, peso fresco)
Control <sup>1</sup>	9,9 (±0,4)	292,3 (±12,3)
Puesto Hernández	13,8 (±0,8)*	293,4 (±9,5)
Cola del embalse	6,9 (±0,7)*	266,7 (±14,1)
Toma del embalse 1a	9,9 (±0,6)	281,4 (±8,7)
Toma del embalse 2c	9,9 (±0,1)	277,0 (±10,1)
Toma del embalse 3a	9,9 (±1,2)	291,2 (±11,8)

<sup>1</sup> Población control mantenida durante 10 días en las condiciones indicadas para el ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra. Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de tasa de crecimiento y contenido de clorofila *a*.

\* Diferencias significativas (ANOVA- Dunnett  $p < 0,05$ ).

Los valores reportados en la Tabla 3.28 indican que no existen diferencias significativas entre la tasa de crecimiento relativo del control y las plantas incubadas en los sedimentos provenientes de las estaciones de muestreo toma del Embalse 1a, toma del Embalse 2c, toma del Embalse 3a, mientras que sí existieron diferencias significativas entre el crecimiento de las plantas incubadas en el sedimento de la muestra Puesto Hernández y Cola de Embalse y el crecimiento de las plantas controles (ANOVA test de Dunnett,  $p \leq 0.05$ ). Las plantas incubadas en el sedimento de Puesto Hernández presentaron una TCR mayor a las plantas controles, siendo esta

estimulación del crecimiento de 39 % respecto a aquellas. Las plantas incubadas en el sedimento de cola del Embalse presentaron una disminución de la TCR respecto al control de un 30 %.

No se registraron diferencias significativas entre los valores de Clorofila *a* de las plantas incubadas en los sedimentos de todas las estaciones de muestreo y los controles, ni aún en aquellos valores correspondientes a las plantas incubadas en las muestras de Puesto Hernández y cola del Embalse.

### 3.7.3 Evaluación de biomarcadores sobre *Vallisneria spiralis*

Adicionalmente, se efectuó la evaluación de biomarcadores en *Vallisneria spiralis*.

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

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

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

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.29.

Tabla 3.29 Actividad guaiacol peroxidasa (milimoles de guaiacol catalizado por minuto de reacción por mg de proteína) luego de la exposición durante 10 días de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento entero proveniente de las diferentes estaciones (octubre de 2012).

Muestra	Actividad guaiacol peroxidasa (mM Guaiacol/min/mg proteína)
Control <sup>1</sup>	0,71 (±0,08)
Puesto Hernández	1,01 (±0,11)*
Cola del embalse	1,2 (±0,13)*
Toma del embalse 1a	0,59 (±0,06)
Toma del embalse 2c	0,48 (±0,04)
Toma del embalse 3a	1,80 (±0,18)*

<sup>1</sup> Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar.

<sup>2</sup> Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de actividad enzimática. \*diferencia significativa (ANOVA- Dunnett p < 0,05).

Los resultados registrados en la Tabla 3.29 permiten observar la ausencia de diferencias significativas (ANOVA de un factor con test de Dunnett,  $p < 0,05$ ) entre los valores de la actividad guaiacol peroxidasa en las hojas de las plantas incubadas en las muestra de sedimento entero provenientes de toma del Embalse 1a y toma del Embalse 2c respecto de las plantas controles no expuestas. Los sedimentos provenientes de los sitios de muestreo Puesto Hernández, cola de embalse y toma de embalse 3a provocaron un aumento significativo de la actividad de esta enzima en las hojas de las plantas con respecto a la actividad de las plantas controles. El aumento registrado fue de 42%, 69 y %153% respectivamente, siendo realmente notable el indicado para el sitio toma del Embalse 3a.

En la Tabla 3.30 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de la actividad catalasas.

Tabla 3.30 Actividad catalasas (milimoles de peróxido de hidrógeno catalizado por minuto de reacción por mg de proteína) luego de la exposición durante 10 días de una población de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento entero provenientes de las diferentes estaciones (octubre de 2012).

Muestra	Actividad catalasas (mM H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /min/mg proteína)
Control <sup>1</sup>	105,2 (±22,1)
Puesto Hernández	175 (±23,8)*
Cola del embalse	138,3 (±24,1)*
Toma del embalse 1a	58,13 (±13,2)
Toma del embalse 2c	78,94 (±9,6)
Toma del embalse 3a	140,3 (±15,5)*

<sup>1</sup> Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar.

<sup>2</sup> Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de actividad enzimática.

\*diferencia significativa (ANOVA- Dunnett  $p < 0,05$ ).

Los resultados registrados en la Tabla 3.30 permiten observar la ausencia de diferencias significativas (ANOVA de un factor con test de Dunnett,  $p < 0,05$ ) entre los valores de la actividad catalasas de los ejemplares expuestos al sedimento entero de los sitios toma del Embalse 1a y toma del Embalse 2c respecto de los controles no expuestos.

Sin embargo se observó un significativo aumento de la actividad de esta enzima en las plantas incubadas en los sedimentos provenientes de los sitios de muestreo, Puesto Hernández, cola del Embalse y toma del Embalse 3a respecto a la actividad de las plantas controles. Este aumento fue muy pronunciado, especialmente para el sitio Puesto Hernández, ya que se registraron valores de 66% ,31% y 33% respectivamente, comparando con los valores de las plantas controles.

Las plantas incubadas en los sedimentos provenientes de los sitios toma del Embalse 1a y toma del Embalse 2c presentaron un crecimiento y actividades enzimáticas para ambas enzimas estudiadas no diferente de las plantas controles. Por lo tanto estas muestras no afectaron los parámetros estudiados.

Los sedimentos provenientes del sitio Toma de Embalse 3a no afectaron el crecimiento de las plantas expuestas, pero se alteraron de manera significativa la actividad de ambas enzimas, registrándose un aumento del 153% respecto al control para la guaiacol peroxidada y de un 33% para la enzima catalasa. Es de destacar que estos porcentajes de actividad son mayores a los registrados para el mismo sitio y para ambas enzimas en el ciclo anterior, donde ambos valores fueron de 45% y 25 %, respectivamente.

Los sedimentos de Puesto Hernández produjeron un aumento significativo de la tasa de crecimiento de *Vallisneria spiralis*, fenómeno que se observó sólo en este sitio. Esto fue acompañado del aumento de las actividades de los biomarcadores. Estos resultados indicarían la presencia de sustancias tóxicas en bajas concentraciones, que producen un fenómeno de estimulación del crecimiento en esas concentraciones (fenómeno conocido como hormesis) pero que provocarían en las plantas un aumento de la actividad de las enzimas relacionadas al estrés oxidativo celular, resultando en las alteraciones observadas. Debido al sobrecrecimiento de las plantas en esta muestra, se decidió determinar la concentración de fosfatos con el fin de evaluar un posible efecto de exceso de nutrientes. En este sentido, se evidenció una elevada concentración de este nutriente (Tabla 3.26) que podría explicar el crecimiento excesivo, suponiendo al fósforo como factor limitante del crecimiento. De manera similar en la muestra de cola del Embalse donde se observó una disminución significativa en la TCR, se registraron valores bajos de fosfatos y amonio (Tabla 3.26). Para esta estación (cola del Embalse) además aumentaron la actividad de los biomarcadores enzimáticos evaluados, indicando una mayor acción adversa sobre las plantas de *Vallisneria spiralis*.

Tabla 3.26 - Contenido de fosfatos y amonio en el agua intersticial de los sedimentos de fondo<sup>(1)</sup> extraídos en Puesto Hernández y en la cola del embalse Casa de Piedra.

Muestra	Puesto Hernández	Embalse Casa de Piedra (cola)
Fosfatos (mg/L)	6,65	0,23
Amonio (mg/L)	2,56	1,35

<sup>(1)</sup> Se llevó a cabo la determinación en las mismas muestras empleadas en los ensayos con *Vallisneria spiralis* (Tasa de crecimiento relativo y biomarcadores).

Los sitios Puesto Hernández, cola del Embalse y toma del Embalse 3a fueron los que evidenciaron mayor acción sobre el crecimiento y el estrés oxidativo celular de los ejemplares evaluados.

En estas estaciones se observaron las tres condiciones en donde las plantas crecen igual, menos o más que los controles, sin embargo los biomarcadores de estrés oxidativo se activaron en las plantas expuestas a las tres muestras mencionadas.

Con fines comparativos, en el Anexo VI (en formato digital) se ha incluido el registro de resultados obtenidos en períodos de estudios anteriores (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2006, 2007, 2010, 2011a y 2011b).

#### 3.7.4 Conclusiones generales

De los resultados expuestos, es posible establecer que:

En las condiciones de los ensayos, no se han registrado efectos ecotóxicos significativos, en relación a los controles, sobre el crecimiento (medido como longitud total media) de las poblaciones del crustáceo bentónico dulceacuícola *Hyalella curvispina*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de las estaciones río Colorado (Puesto Hernández), toma de embalse 3a, 2c, 1a y cola del Embalse (ANOVA-Dunnett  $p < 0.05$ ).

En las condiciones de los ensayos, se han registrado efectos ecotóxicos significativos, en relación a los controles, sobre la mortalidad de las poblaciones del crustáceo bentónico dulceacuícola *Hyalella curvispina*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de las estaciones río Colorado (Puesto Hernández) y toma del embalse 3a (ANOVA-Dunnett  $p < 0.05$ ).

En las condiciones de los ensayos, no se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos, en relación a los controles, sobre el contenido de clorofila "a", considerados como estimadores de la biomasa, de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de las estaciones río Colorado (Puesto Hernández), cola del Embalse y toma del Embalse 1a, 3a, 2c (ANOVA-Dunnett  $p < 0.05$ ).


En las condiciones de los ensayos, se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos, en relación a los controles, sobre la generación de hojas nuevas de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de las estaciones río Colorado (Puesto Hernández) y cola del Embalse (ANOVA Dunnett  $p < 0.05$ ). En el primer caso hubo estimulación y en el segundo inhibición del crecimiento.

En las condiciones de los ensayos, no se han registrado efectos significativos sobre la actividad enzimática guaiacol peroxidasa y catalasa, respecto de los controles, de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de las estaciones Toma de Embalse 1a y 2c (ANOVA-Dunnett  $p < 0.05$ ).

En las condiciones de los ensayos, se han registrado efectos significativos sobre la actividad enzimática guaiacol peroxidasa y catalasa, respecto de los controles, de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de las estaciones río Colorado (Puesto Hernández), cola del Embalse y toma de Embalse 3a (ANOVA-Dunnett  $p < 0.05$ ).

## Referencias

- CCME, 2002, *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, Environmental Quality Guidelines.
- Gaskin, J. E., 1993, *Quality assurance in water quality monitoring*, Ecosystem Science and Evaluation Directorate, Conservation and Protection Environment Canada, Ottawa, Ontario.
- ISO (International Organization for Standardization)/IEC (International Electrotechnical Commission), 2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- COIRCO, 2000, *Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema del Río Colorado-Embalse Casa de Piedra*, Comisión Técnica Fiscalizadora, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario, Informe Técnico del Comité Interjurisdiccional del río Colorado (COIRCO), 118 pp.
- COIRCO, 2001, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2000, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía y Minería de la Nación, Grupo Interempresario.
- COIRCO, 2002, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2001, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario.
- COIRCO, 2003, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2002, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario.
- COIRCO, 2006, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Años 2004-2005, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario.
- COIRCO, 2008, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Años 2006-2007, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2010, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2008, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 266 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2011a, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2009, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 121 pp. y anexos en formato digital.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2011b, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2010, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 121 pp. y anexos en formato digital.
- Di Marzio, WD; Sáenz ME; Alberdi, JL and Tortorelli, MC, 1999, *Assessment of the Toxicity of Stabilized Sludges using Hyalella curvispina (Amphipod) Bioassays*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 63 (5): 654-659.
- US EPA, 1996, *Ecological Effects Test Guidelines, OPPTS 850.1735, Whole Sediment Toxicity Invertebrates, Freshwater, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, 7101, EPA 712-C-96-354*.
- U.S. EPA, 2000, *Methods for Measuring the Toxicity and Bioaccumulation of Sediment-associated Contaminants with Freshwater Invertebrates*. Duluth, Mn, EPA 600/R-99/064.

The background of the cover is a vibrant green, featuring several water droplets of various sizes scattered across it. A prominent, diagonal green leaf or stem runs through the center, also covered in droplets. In the upper left corner, there is a white circle with a green and blue gradient border. Inside this circle, the title is written in a dark, sans-serif font.

Sustancias tóxicas  
en músculo  
de peces

Capítulo 4





## **CONTENIDO**

### **4.1 Introducción**

### **4.2 Estaciones de monitoreo**

### **4.3 Metodología de muestreo**

### **4.4 Metodologías analíticas**

#### 4.4.1 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares y alifáticos

##### *4.4.1.1 Técnica y métodos analíticos*

##### *4.4.1.2 Calidad analítica*

### **4.5 Resultados**

### **4.6 Límites para el consumo humano**

### **4.7 Discusión**

## **Referencias**



## Introducción

En el Subprograma Calidad del Medio Acuático se lleva a cabo la investigación de sustancias tóxicas, en la parte comestible de las diferentes especies de peces presentes en el sistema del río Colorado. La misma tiene como fin evaluar la posible existencia de niveles significativos de acumulación de este tipo de sustancias, los cuales pudieran traducirse en un riesgo para la salud humana a través de la ingesta de pescado.

Se investiga en el músculo dorsal de las diferentes especies capturadas la presencia de metales/metaloideos y HAPs. Estas sustancias podrían provenir de las fuentes naturales y/o antrópicas existentes en el área y podrían ser incorporadas y acumuladas en los tejidos de organismos acuáticos, en este caso los peces.

En el presente informe se evalúan los resultados obtenidos en el análisis de las capturas de diferentes especies de peces llevadas a cabo en el año 2012 en áreas del río Colorado y del embalse Casa de Piedra.

### 4.2 Estaciones de monitoreo

Los muestreos de peces se efectuaron en sitios seleccionados en el río Colorado en el área Puesto Hernández y en el embalse Casa de Piedra (Fig 4.1). El primer sitio es representativo de una zona de explotación petrolera y de fuentes naturales de sustancias tóxicas (Fig. 4.2) y el segundo, un lugar de potencial acumulación de contaminantes (Fig. 4.3).



Fig. 4.1 – Sitios de captura de peces en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra.



Fig. 4.2 – Zona de captura de peces en Desfiladero Bayo. Presenta manifestaciones de una potente actividad volcánica en el pasado que se conjuga con una intensa explotación petrolera actual.



Fig. 4.3 – El embalse Casa de Piedra constituye un sitio en el cual tiene lugar la sedimentación del material particulado, siendo por lo tanto es un lugar de potencial acumulación de contaminantes ligados a dicho material.

#### 4.3 Metodología de muestreo

*(Sauval, R. H., Muestreo de Peces en Río Colorado – Desfiladero Bayo y Embalse Casa de Piedra, Período Octubre 2012)*

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

Se emplearon tres diferentes métodos de pesca a fin de incrementar la posibilidad de captura: redes agalleras, red de voleo (*casting net*) y pesca eléctrica.

#### Redes agalleras

La unidad de muestreo con redes fue una batería de redes agalleras (*Fukui Fishing Net Co. Ltd.*), compuesta por siete paños armados de distinto tamaño de malla. Este método de pesca se aplicó en el embalse Casa de Piedra (Fig. 4.4).

En esta oportunidad, debido al bajo nivel del embalse que impedía el acceso a la estación habitual, las capturas fueron realizadas en un sitio en el área adyacente a la presa del embalse, en cercanías de la Villa Casa de Piedra, sobre margen izquierda. En este sitio se caló una batería completa al atardecer, dejándola durante una noche.



Fig. 4.4 – Pesca con red agallera en el embalse Casa de Piedra.

#### Red de voleo (*casting net*) y pesca eléctrica

Estas artes de pesca se emplearon en el área de Puesto Hernández, en sectores de aguas someras.

La pesca eléctrica, dio escasos resultados, capturándose 2 bagres de torrente de muy pequeña talla, los cuales fueron devueltos al río. El escaso caudal permitía una leve visibilidad en el agua (habitualmente muy turbia). Esta técnica requiere un agua que permita la visibilidad de los peces atraídos hacia el cátodo.

Con la red de voleo (Fig. 4.5) se obtuvieron capturas de ejemplares pequeños de perquita espinuda (5) y bagre de torrente (2).



Fig. 4.5 – Pesca en el río Colorado empleando red de voleo.

En la Fig. 4.6 se muestran las especies capturadas en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra.



a



b



c

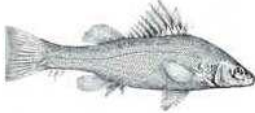





d

Fig. 4.6 – Especies capturadas en el río Colorado (Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra: (a) y (b) carpa; (c) perquita espinuda y bagre de torrentes; (d) pejerrey bonaerense.

En la Tabla 4.1 se detallan las especies obtenidas en cada estación en la campaña de octubre de 2012 y el número de ejemplares a los cuales se les extrajo una porción de músculo dorsal para el análisis de metales y metaloides y HAPs.

Tabla 4.1 – Especies capturadas en los sitios de captura a las cuales se les extrajo una porción de músculo dorsal para su análisis.

Sitio de captura	Especie*	Número de ejemplares
Puesto Hernández	 PERQUITA ESPINUDA <i>(Percithys altispinis)</i>	(5)
	 BAGRE DE TORRENTES <i>(Hatcheria macraei)</i>	(2)
Embalse Casa de Piedra	 PEJERREY BONAERENSE <i>(Odontesthes bonariensis)</i>	(20)
	 CARPA <i>(Ciprynus Carpio)</i>	(20)

\* Imágenes tomadas de "Especies ictícolas de aguas continentales patagónicas" – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

En la presente campaña se capturaron 163 peces en total (7 en el río Colorado y 156 en el embalse Casa de Piedra).

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

obtuvieron submuestras con peces de tamaño intermedio y lo más homogénea posible.

Inmediatamente después de pesarlos se realizó la disección de cada pieza extrayendo dos porciones de los paquetes musculares dorsales mediante la utilización de un cuchillo de hoja cerámica (Fig. 4.7).

Las porciones de músculo dorsal de cada especie íctica fueron envasadas en recipientes de vidrio previamente acondicionados según lo indicado en el Procedimiento Operativo Estándar PO P001 (Fig. 4.8). Las muestras fueron luego preservadas adecuadamente para su envío a los laboratorios para análisis de metales/metaloideos y HAPs.



Fig. 4.7 – Extracción de una porción del músculo dorsal a un ejemplar de pejerrey mediante un cuchillo de hoja cerámica para el análisis de metales/metaloideos y HAPs.



Fig. 4.8 – Envasado de las porciones de músculo dorsal para análisis de metales/metaloideos y HAPs.



En el muestreo de peces llevado a cabo en octubre de 2012, en algunos casos, a pesar de los esfuerzos de pesca, no pudieron lograrse capturas que alcanzaran el número mínimo de ejemplares recomendados para este tipo de estudios (*Ministry of Environment and Energy* 2011). Este hecho ya se ha producido con anterioridad en otros ciclos de estudio, en particular en el río Colorado (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010 y 2011a y 2011b).

#### 4.4 Metodologías analíticas

##### 4.4.1 Análisis de metales y metaloides

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

##### 4.4.1.1 Técnicas y métodos analíticos

Las técnicas y métodos preparatorios (EPA 200.3) y analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 – Técnicas y métodos analíticos y sus respectivos límites de cuantificación empleados en el análisis de metales y metaloides en músculo de peces

Elemento	Técnica analítica	Método	Límite de cuantificación (µg/g)
Antimonio	A.A. por generación de hidruros	EPA 200.3/7062	0,2
Arsénico	A.A. por generación de hidruros	EPA 200.3 – 7061 A	0,2
Bario	ICP	EPA 200.3 – 7061 A	1,0
Cadmio	A:A por atomización electrotérmica	EPA 200.3 – 7131 A	0,1
Cinc	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	1,0
Cobre	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,2
Cromo	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,2
Hierro	ICP	EPA 200.3 – 6010 B	1,0
Mercurio	A.A. por vapor frío	EPA 200.3 – 7471 A	0,04
Molibdeno	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,2
Níquel	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,2
Plata	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,3
Plomo	ICP	EPA 200.3 - 6010 B	0,15
Selenio	AA por generación de hidruros	EPA 200.3 – 7741 A	0,2

A.A: espectrometría de absorción atómica – ICP: espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo. EPA: *Environmental Protection Agency* (Estados Unidos)

#### 4.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares

Los análisis de HAPs en músculo de peces fueron llevados a cabo mediante cromatografía en fase gaseosa con detección por espectrometría de masas en el Laboratorio de Análisis Cromatográficos CIC de Lomas del Mirador, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2005).

##### 4.4.1.1

Las muestras de músculo de los diferentes ejemplares fueron molidas, tomándose de cada una porciones representativas. Se extrajeron con cloroformo por sonicación durante tres horas.

Las fracciones de cloroformo para cada muestra se pasaron por una columna de alúmina con el fin de eliminar la mayor parte de la materia grasa disuelta. Luego, las columnas se enjuagaron con porciones frescas de cloroformo y las fases orgánicas se evaporaron a presión reducida para eliminar el solvente, retomando luego en 1 mL de cloroformo. Este proceso se repitió efectuando una segunda extracción de cada porción de muestra. Se inyectó en el cromatógrafo 1 µL para cada ensayo (dos distintos para cada muestra: cualitativo de identificación y cuantitativo para HAPs). Los cromatogramas de las segundas extracciones no mostraron señales significativas de HAPs.

##### 4.4.1.2 Calidad analítica

La verificación de la calidad analítica en la determinación de metales/metaloides se llevó a cabo analizando, junto con las muestras de músculo dorsal de las diferentes especies de peces, un material de referencia certificado (DORM-2 - *National Research Council - NRC - Canada*). En la Tabla 4.3 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4.3 - Análisis de metales y metaloides en el material de referencia certificado DORM-2 - *National Research Council (NRC) - Canada*

Elemento	Concentración certificada (µg/g) <sup>(1)</sup>	Concentración hallada (µg/g)	Error <sup>(2)</sup> %
Antimonio	no disponible	<0,2	-
Arsénico	18,0±1,1	13±2	-27,8
Bario	no disponible	2,0±0,3	-
Cadmio	0,043±0,008	<0,1	-
Cinc	25,6±2,3	24,4±1,4	-4,7
Cobre	2,34±0,16	2,4±0,3	-2,6
Cromo	34,7±5,5	32,0±2,0	-6,6
Hierro	142±10	133±7	-7,8
Mercurio	4,64±0,26	4,36±0,11	-6,0
Molibdeno	no disponible	<0,2	-
Níquel	19,4±3,1	17,8±1,5	-8,2
Plata	0,041±0,013	<0,3	-
Plomo	0,065±0,007	<0,15	-
Selenio	1,40±0,09	1,4±0,2	0,0

<sup>(1)</sup> Las incertidumbres corresponden a un nivel de confianza del 95%.

<sup>(2)</sup> Gaskin, J.E. 1993.

En la determinación de HAPs, la calidad analítica fue evaluada mediante el análisis de una muestra fortificada con un estándar de este tipo de sustancias, el cual contenía naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo[a]antraceno, criseno, benzo [b] y [k] fluoranteno, benzo[a]pireno, dibenzo[a,h]antraceno, benzo[g,h,i]perileno e indeno[c,d]pireno.

En la Tabla 4.4 se muestran los porcentajes de recuperación obtenidos para cada HAP.

Tabla 4.4 – Porcentajes de recuperación de HAPs en una muestra de músculo de pez capturado en octubre de 2012, fortificada con un estándar.

HAP	% Recuperación <sup>(1)</sup>
Naftaleno	71
Acenaftileno	75
Acenafteno	73
Fluoreno	78
Antraceno	91
Fenantreno	99
Fluoranteno	99
Pireno	97
Benzo[byk]antraceno	94
Criseno	98
Benzo[b+k]fluoranteno	88
Benzo[a]pireno	86
Dibenzo[a,h]antraceno	71
Benzo[g,h,i]perileno	72
Indeno[c,d]pireno	85

<sup>(1)</sup> Gaskin, J.E., 1993

#### 4.5 Resultados

En las Tablas 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de HAPs en músculo dorsal de las especies capturadas y muestreadas en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra.

En el ANEXO VIII del presente informe, con fines comparativos, se ha incluido, en soporte digital, la serie histórica que comprende los años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004-2005, 2006-2007, 2008, 2009 y 2010 (COIRCO 2001, 2002, 2003, 2004, 2006; 2008; 2010; 2011a; 2011b; Alcalde *et al.* 2000, 2003, 2005; Perl 2000, 2002).

ESTACIÓN RÍO COLORADO – ÁREA PUESTO HERNÁNDEZ – COORDENADAS: S 37° 18' 36.6" – O 69° 03' 02.4".





Fig. 4.9 – Sitio de pesca ubicado aguas abajo de la ex descarga de la planta deshidratadora de crudo de Puesto Hernández. Corresponde a un área de intensa explotación petrolera y actividades industriales conexas.



Fig. 4.10 – Área de pesca aguas abajo de la ex descarga de la planta deshidratadora de crudo de Puesto Hernández.

Tabla 4.5 – Concentraciones de metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (área Puesto Hernández) en octubre de 2012.

Metal/metaloides ( $\mu\text{g/g}$ )	Perquita espinuda (5)	Bagre de torrentes (2)
Arsénico	<0,2	<0,2
Antimonio	<0,2	<0,2
Bario	<1	<1
Cadmio	<1	<0,1
Cinc	6,7 $\pm$ 0,6	6,7 $\pm$ 0,6
Cobre	<0,2	<0,2
Cromo	<0,2	<0,2
Hierro	8,4 $\pm$ 1,4	11 $\pm$ 2
Mercurio	0,10 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,01
Molibdeno	<0,2	<0,2
Níquel	1,5 $\pm$ 0,2	<0,2
Plata	<0,3	<0,3
Plomo	0,6 $\pm$ 0,1	7,6 $\pm$ 1,1
Selenio	0,6 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,4

Tabla 4.6 – Concentraciones de HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (área Puesto Hernández) en octubre de 2012.

HAP ( $\mu\text{g/g}$ )	Perquita espinuda (5)	Bagre de torrentes (2)
Naftaleno	0,0649	0,3871
Acenaftileno	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC
Metilnaftaleno	<LC	<LC
Dimetilnaftaleno	<LC	<LC
Metilfenantreno	<LC	<LC
Dimetilfenantreno	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC
Indeno[c,d]pireno	<LC	<LC

ESTACIÓN EMBALSE CASA DE PIEDRA (ÁREA VILLA CASA DE PIEDRA) – COORDENADAS: S 38° 09' 39.8" – O 67° 10' 16.3"





Fig. 4.11 - Sitio de pesca en el área cercana a la Villa Casa de Piedra (S 38° 09' 39.8" - O 67° 10' 16.3")

Tabla 4.7 - Concentraciones de metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de ejemplares de diferentes especies de peces capturadas en el embalse Casa de Piedra (área Villa Casa de Piedra) - Octubre de 2012.

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Pejerrey bonaerense (20)	Carpa (20)
Arsénico	<0,2	<0,2
Antimonio	<0,2	0,2
Bario	<1	<1
Cadmio	<0,1	<0,1
Cinc	5,0 $\pm$ 0,5	5,0 $\pm$ 0,5
Cobre	<0,2	<0,2
Cromo	<0,2	<0,2
Hierro	2,3 $\pm$ 0,2	7,3 $\pm$ 1,1
Mercurio	<0,04	<0,04
Molibdeno	<0,2	<0,2
Níquel	<0,2	<0,2
Plata	<0,3	<0,3
Plomo	1,0 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1
Selenio	<0,2	0,4 $\pm$ 0,1



Tabla 4.8 - Concentraciones de HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el embalse Casa de Piedra (área Villa Casa de Piedra) - Octubre de 2012.

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	Pejerrey bonaerense (20)	Carpa (20)
Naftaleno	0,0977	0,0238
Acenaftileno	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC
Metilnaftaleno	<LC	<LC
Dimetilnaftaleno	<LC	<LC
Metilfenantreno	<LC	<LC
Dimetilfenantreno	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC
Benzo[b+k]fluoranteno	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC
Benzo[g,h,i]perileno	<LC	<LC
Indeno[c,d]pireno	<LC	<LC

En el área de Puesto Hernández, hubo detección de algunos de los metales/metaloideos en las dos especies capturadas. En perquita espinuda se detectó cinc, hierro, mercurio, níquel, plomo y selenio. En bagre de torrentes se hallaron los mismos elementos a excepción de níquel (Tabla 4.5).

En el embalse Casa de Piedra, en carpa se detectó cinc, hierro, plomo y selenio. En pejerrey bonaerense, se observaron los mismos elementos a excepción de selenio (Tabla 4.7)

En relación a los HAPs, tanto en el río Colorado (área Puesto Hernández), como en el embalse Casa de Piedra (área de la Villa Casa de Piedra) hubo solamente detección de naftaleno en todas las especies de peces capturadas (Tablas 4.6 y 4.8).

#### 4.6 Límites para el consumo humano

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides fueron evaluados tomando como referencia los límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos en peces y productos de la pesca (Código Alimentario Argentino y SENASA), los cuales se muestran en la Tabla 4.9 y los límites para el consumo de pescado basados en el riesgo de la US EPA (US EPA 2000) para los elementos que fueron detectados.

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

Metal/metaloide	Límite (µg/g)
Antimonio <sup>1</sup>	2,0
Arsénico <sup>1</sup>	1,0
Bario <sup>2</sup>	500,0
Boro <sup>1</sup>	80,0
Cadmio <sup>1</sup>	1,0
Cinc <sup>1</sup>	100,0
Cobre <sup>1</sup>	10,0
Cromo	-
Hierro <sup>2</sup>	500,0
Mercurio <sup>1</sup>	0,5
Molibdeno	-
Níquel <sup>2</sup>	150,0
Plata <sup>1</sup>	1,0
Plomo <sup>1</sup>	2,0
Selenio <sup>1</sup>	0,3

(<sup>1</sup>) Código Alimentario Argentino - (<sup>2</sup>) SENASA

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

#### 4.7 Discusión

Las concentraciones de metales/metaloides halladas el músculo dorsal de las diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (Puesto Hernández), en la mayoría de los casos resultaron muy inferiores a los respectivos límites para el consumo humano establecidos por SENASA (SENASA 1994) y el Código Alimentario Argentino (De la Canal y Asoc. 2003). Se detectó selenio en las dos especies analizadas en esta zona, en concentraciones que superaron ligeramente el límite.

El escaso número de ejemplares capturados, situación frecuente en esta zona, no permite extraer conclusiones acerca de la significación del nivel de selenio hallado en las dos especies analizadas.

En el embalse Casa de Piedra, la detección de metales/metaloides en las dos especies capturadas fue escasa y las concentraciones halladas resultaron inferiores a los respectivos límites para el consumo humano. Solamente selenio en carpa superó ligeramente el correspondiente límite. No obstante, la concentración hallada, de acuerdo a los límites para el consumo basados en el riesgo de US EPA (US EPA 2000), no indica la necesidad de recomendar restricciones al consumo de pescado.


La detección de naftaleno en ejemplares de peces capturados en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra, se trató de un miembro del grupo de menor peso molecular y en concentraciones en niveles muy bajos, por lo

cual esta situación no representa un riesgo para la salud humana, no requiriéndose por lo tanto recomendar restricciones al consumo.

## Referencias

- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2000, *Evaluación de la calidad del agua del sistema río Colorado-embalse Casa de Piedra para diferentes usos*, 4tas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la industria del Petróleo y del Gas, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 3 al 6 de octubre de 2000, Salta.
- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2003, *Calidad del ambiente acuático en el sistema del río Colorado*, 5<sup>tas</sup> Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 4 al 7 de noviembre de 2003, Mendoza
- Alcalde, R., Perl, J.E., Andrés, F., 2005, *Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Colorado (Argentina)*, XX Congreso Nacional del Agua, 9 al 14 de mayo de 2005, Mendoza
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2001, *Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema del Río Colorado-Embalse Casa de Piedra- Año 2000*, Comisión Técnica Fiscalizadora, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario, Informe Técnico del Comité Interjurisdiccional del río Colorado (COIRCO), 73 pp. y Anexos.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2002, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2001, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía y Minería de la Nación, Grupo Interempresario. 73 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2003, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2002, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 97 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2004, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2003, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 127 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2006, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Años 2004-2005, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 189 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2008, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Años 2006-2007, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 257 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2010, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2008, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 266 pp.
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2011a, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2009, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 121 pp y Anexos (en soporte digital).
- COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado), 2011b, *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático*, Año 2010, Informe Técnico; Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. 121 pp y Anexos (en soporte digital).
- De la Canal y Asociados, 2003, Código Alimentario Argentino
- Gaskin, J. E., 1993, *Quality assurance in water quality monitoring*, Ecosystem Science and Evaluation Directorate, Conservation and Protection Environment Canada, Ottawa, Ontario.
- ISO/IEC, 2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.

- Ministry of Environment and Energy, 2011, *Guide to eating Ontario sport fish*, 2011-2012, Twenty-sixth Edition, Revised. Ontario, Canada
- Perl, J.E., 2000, *Programa Integral de Calidad de Aguas de la Cuenca del río Colorado, Argentina*, IV Seminario Taller de Cuencas Hidrológicas Patagónicas – Río Gallegos.
- Perl, J.E., 2002, *Manejo Integral de la Cuenca del río Colorado - Calidad de Aguas* IV Seminario Internacional de Cuencas, Ushuaia, noviembre de 2002
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Animal), 1994, *Normas sanitarias para los productos de la pesca*, Suplemento edición Nº 76 de la revista REDES de la industria Pesquera Argentina.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency), 2000, *Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories – Volume 2: Risk Assessment and fish consumption limits. Third edition - 823\_B-00-008* – Washington D.C.

The background is a vibrant green with a close-up photograph of water droplets on a leaf. A white circle with a green and blue gradient border is positioned in the upper left. Inside the circle, the text 'Conclusiones' and 'Recomendaciones' is written in a dark grey font, separated by a small symbol.

Conclusiones  
∩  
Recomendaciones



# CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la ejecución del Subprograma Calidad del Medio Acuático en el ciclo de estudio 2012, permiten extraer las siguientes conclusiones:

## Calidad del agua

El agua mantiene su aptitud para su uso como fuente de agua potable, en irrigación, ganadería y como medio para el desarrollo de la vida acuática.

## Calidad de los sedimentos de fondo

La evaluación de la calidad de los sedimentos de fondo en el río Colorado (Puesto Hernández) y del embalse Casa de Piedra (toma y cola) a través de la investigación de metales/metaloides y HAPs puso de manifiesto que las concentraciones de las diversas sustancias analizadas no superaron los respectivos valores guía o niveles de efecto probable. Por lo tanto, dichas sustancias no representaban un riesgo para el desarrollo de la vida acuática.

Los ensayos ecotoxicológicos crónicos arrojaron resultados variables en relación con la ocurrencia de efectos tóxicos crónicos para los diferentes organismos y biomarcadores empleados, tanto en el río Colorado como en el embalse Casa de Piedra.

## Sustancias tóxicas en músculo de peces

La investigación de metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en las partes comestibles de las especies de peces capturadas en el río Colorado (Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra (área de la Villa Casa de Piedra), no indicaron la necesidad de recomendar restricciones al consumo de pescado.

# RECOMENDACIONES

- Continuar con el monitoreo de metales/metaloides e hidrocarburos en columna de agua con el fin de obtener una evaluación permanente de la calidad del agua en el sistema del río Colorado.
- Mantener los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua del río Colorado en los sitios evaluados en el presente ciclo, como complemento del análisis químico.
- Mantener el monitoreo de metales/metaloides y HAPs y la realización de ensayos ecotoxicológicos en sedimentos de fondo en las estaciones muestreadas en el presente ciclo a fin de verificar los resultados variables obtenidos en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra.

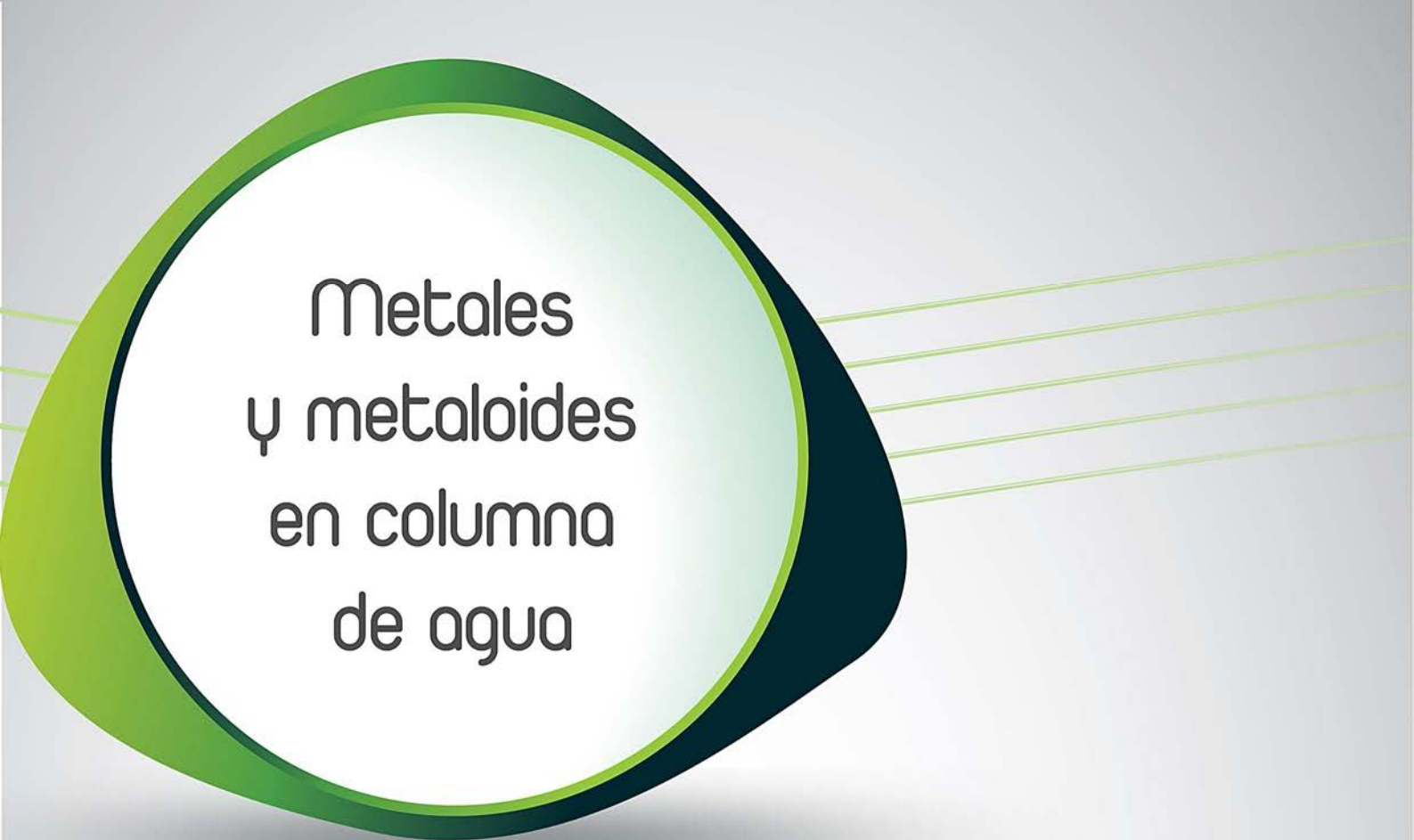
- Continuar con el monitoreo de sustancias tóxicas en músculo de peces, a fin de contar con información actualizada sobre la variación en el tiempo de las concentraciones de metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares. Para estos últimos se debe procurar alcanzar límites de cuantificación más bajos que los alcanzados hasta el presente.



The image features a vibrant green background with numerous water droplets of varying sizes scattered across it. In the upper left quadrant, there is a large white circle with a thin green border. Inside this circle, the word "Anexos" is written in a simple, black, sans-serif font. The overall aesthetic is clean and fresh, suggesting a connection to nature or water.

Anexos





Metales  
y metaloides  
en columna  
de agua

Anexo I



Tabla I. 1. Estación: CL 0  
 Descripción: río Barrancas altura puente Ruta Nacional N° 40

Latitud: S 36° 49' 04"

Longitud: O 69° 52' 14"

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

MD: margen derecha

Tabla I. 1. (continuación)

Año	Metal/metaloides (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2004										
05/07	<5	<1	9±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
16/08	<5	<1	12±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/09	<5	<1	8±1	<2	<1	<1	<10	5±1	<5	<2
11/10	<5	<1	21±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
15/11	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/12	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2005										
17/01	7±1	<1	58±4	8±1	<1	<1	<10	7±1	19±3	<2
14/02	<5	<1	22±3	<2	<1	<1	<10	<5	9±1	<2
14/03	<5	<1	6±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/04	<5	<1	12±2	2±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
02/05	<5	<1	80±5	2±1	<1	<1	<10	10±2	<5	<2
13/06	<5	<1	3±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2006										
09/01/06	<5	<1	98±9	15±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
20/02/06	9±1	<1	96±9	8±1	<1	<1	<10	6±1	36±2	<2
13/03/06	<5	<1	7±1	2±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
17/04/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/05/06	<5	<1	3±0,5	<2	<1	<1	<10	7±1	<5	<2
12/06/06	<5	<1	5±0,6	<2	<1	<1	<10	10±1	<5	<2
10/07/06	<5	<1	6±0,7	<2	<1	<1	<10	6±0,6	<5	<2
07/08/06	<5	<1	17±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/09/06	<5	<1	3±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/10/06	<5	<1	15±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/11/06	<5	<1	13±1	6±1	<1	<1	<10	<5	<5	<23
11/12/06	<5	<1	10±1	8±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2

Tabla1.1. (continuación)

2007	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
08/01/07	<5	<1	18±2	6±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/02/07	8±1	<1	50±5	3±1	<1	<1	<10	<5	30±2	<2
12/03/07	<5	<1	9±1	2±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/04/07	<5	<1	8±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/05/07	<5	<1	6±1	<2	<12	<1	<10	<5	<5	<2
11/06/07	<5	<1	5±	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/07/07	<5	<1	6±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/08/07	<5	<1	10±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/09/07	<5	<1	10±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
15/10/07	<5	<1	12±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/11/07	<5	<1	23±3	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/12/07	<5	<1	26±3	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2008										
07/01/08	<5	1	87±9	14±2	1±0,3	<1	<10	9±1	41±4	4±1
11/02/08	<5	<1	31±3	4±1	<1	<1	<10	<5	9±1	<2
10/03/08	<5	<1	34±3	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
14/04/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/05/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/06/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/07/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/08/08	<5	<1	4±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/09/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
30/09/08	<5	<1	5±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/11/08	<5	<1	3±1	12±1	<1	<1	<10	7±1	<5	<2
08/12/08	<5	<1	89±6	13±1	2,4±0,5	<1	10±1	13±1	13±1	<2
2009										
05/01/09	12±1	2,0±2	71±6	12±1	1,5±0,3	<1	<10	10±1	44±2	<2
02/02/09	<5	<1	11±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/03/09	<5	<1	41±2	3±1	2±1	<1	<10	<5	9±1	<2
15/04/09	<5	<1	3±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/05/09	<5	<1	4±1	<2	<1	<1	<10	<5	9±1	<2
02/06/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/07/09	<5	<1	9±1	6±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/08/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
31/08/09	<5	<1	6±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
29/09/09	<5	<1	2±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
02/11/09	<5	<1	10±1	9±1	3±1	<1	<10	9±1	<5	<2
14/12/09	<5	<1	6±1	4±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2

Tabla 1.1 (continuación)

2010	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Uranio
11/01/10	<5	<1	18±2	3±1	<1	<1	<10	12±1	<5	<2	
08/02/10	<5	<1	28±3	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
08/03/10	<5	<1	11±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
05/04/10	<5	<1	7±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
10/05/10	<5	<1	25±2	<2	16±0,2	<1	<10	<5	<5	<2	
07/06/10	<5	<1	<2	<2	2,2±0,2	<1	<10	<5	<5	<2	
05/07/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
02/08/10	<5	<1	<2	<2	3±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/09/10	<5	<1	4±1	2±1	3±1	<1	<10	<5	<5	<2	
04/10/10	<5	<1	3±1	2±1	2±1	<1	<10	<5	<5	<2	
15/11/10	<5	<1	12±1	3±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/12/10	5	<1	26±1	8±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
2011											
03/01/11	<5	<1	25±1	7±1	<1	<1	<10	6±1	16±1	<2	0,6±0,1
01/02/11	7±1	0,6±0,1	38±1	9±1	<1	<1	4±1	11±1	17±1	<2	0,5±0,1
01/03/11	6±1	<0,5	26±1	5±1	<1	<1	3±1	7±1	17±1	<2	<0,5
04/04/11	2±1	<0,5	4±1	2±1	<1	<1	2±1	2±1	1	<2	<0,5
03/05/11	2±1	<0,5	13±1	3±1	<1	<1	3±1	2±1	1	<2	<0,5
07/06/11	2±1	<0,5	3±1	2±1	<1	<1	2±1	2±1	<1	<2	<0,5
05/07/11	2±1	<0,5	2±1	2±1	<1	<1	2±1	2±1	<1	<2	<0,5
01/08/11	2±1	<0,5	2±1	2±1	<1	<1	2±1	2±1	<1	<2	<0,5
05/09/11	2±1	<0,5	<2	<2	<1	<1	2±1	2±1	<1	<2	<0,5
03/10/11	<2	<0,5	7±1	2±1	<1	<1	2±1	2±1	2±1	<2	<0,5
24/10/11	2±1	<0,5	11±1	5±1	<1	<1	2±1	2±1	2±1	<2	<0,5
11/12/11	2	<0,5	9±1	3±1	2±1	<1	<2	3±1	5±1	<2	<0,5



Tabla I. 2. Estación: CL 1

Latitud: S 35° 51' 32"

Longitud: O 69° 48' 25"

Descripción: río Grande altura Bardas Blancas

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

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla I. 2. (continuación)

Año	Metal/metaloide ( $\mu\text{g/L}$ )									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2004										
05/07	<5	<1	12 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
16/08	<5	<1	21 $\pm$ 2	6 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/09	<5	<1	13 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
11/10	<5	<1	28 $\pm$ 3	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
15/11	<5	<1	3 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/12	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2005										
17/01	<5	<1	11 $\pm$ 1	17 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/02	<5	<1	10 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/03	<5	<1	5 $\pm$ 1	12 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
11/04	<5	<1	13 $\pm$ 2	11 $\pm$ 2	<1	<1	<10	6 $\pm$ 1	$\leq$ 5	<2
02/05	<5	<1	5 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	<1	<1	<10	6 $\pm$ 1	$\leq$ 5	<2
13/06	<5	<1	7 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2006										
09/01/06	<5	<1	42 $\pm$ 4	26 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
20/02/06	<5	<1	19 $\pm$ 2	16 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/03/06	<5	<1	8 $\pm$ 1	10 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
17/04/06	<5	<1	3 $\pm$ 0,5	8 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
08/05/06	<5	<1	8 $\pm$ 1	4 $\pm$ 0,5	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/06/06	<5	<1	6 $\pm$ 0,8	<2	<1	<1	<10	7 $\pm$ 0,8	$\leq$ 5	<2
10/07/06	<5	<1	7 $\pm$ 0,8	2 $\pm$ 0,7	<1	<1	<10	5 $\pm$ 0,5	$\leq$ 5	<2
07/08/06	<5	<1	25 $\pm$ 4	2 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
11/09/06	<5	<1	13 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
09/10/06	<5	<1	20 $\pm$ 2	3 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/11/06	<5	<1	14 $\pm$ 1	20 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
11/12/06	<5	<1	5 $\pm$ 1	12 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2

Tabla I.2. (continuación)

2007	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
08/01/07	<5	<1	6±10	11±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/02/07	<5	<1	<2	10±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/03/07	<5	<1	39±3	22±3	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/04/07	<5	<1	3±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/05/07	<5	<1	3±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/06/07	<5	<1	15±3	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/07/07	<5	<1	13±2	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/08/07	<5	<1	16±2	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/09/07	<5	<1	24±2	7±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
15/10/07	<5	<1	20±2	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/11/07	<5	<1	20±2	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/12/07	<5	<1	32±3	11±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2008										
07/01/08	<5	<1	26±2	13±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/02/08	<5	<1	5±1	7±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/03/08	<5	<1	4±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
14/04/08	<5	<1	<2	6±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/05/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/06/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/07/08	<5	<1	<2	2±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/08/08	<5	<1	5±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/09/08	<5	<1	<2	3±	<1	<1	<10	<5	<5	<2
30/09/08	<5	<1	34±3	9±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/11/08	<5	<1	9±1	12±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/12/08	<5	<1	4±1	9±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2009										
05/01/09	<5	<1	10±1	19±2	<1	<1	<10	<5	10±1	<0
02/02/09	<5	<1	<2	9±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/03/09	<5	<1	7±1	8±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/04/09	<5	<1	<2	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/05/09	<5	<1	13±1	6±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
02/06/09	<5	<1	4±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/07/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/08/09	<5	<1	<2	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
31/08/09	<5	<1	5±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
29/09/09	<5	<1	3±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
02/11/09	<5	<1	9±1	8±1	3±1	<1	<1	5±1	<5	<2
14/12/09	<5	<1	5±1	8±1	3±1	<1	<10	<5	<5	<2

Tabla 1.2. (continuación)

2010	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Uranio
11/01/10	<5	<1	4±1	8±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
08/02/10	<5	<1	10±1	02±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
08/03/10	<5	<1	2±1	12±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
05/04/10	<5	<1	2±1	8±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
10/05/10	<5	<1	<2	7±1	2,4±0,2	<1	<10	<5	<5	<2	
07/06/10	<5	<1	<2	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
05/07/10	<5	<1	4±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
02/08/10	<5	<1	4±1	6±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/09/10	<5	<1	8±1	7±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
04/10/10	<5	<1	14±1	23±1	3±1	<1	<10	6±1	<5	<2	
15/11/10	<5	<1	4±1	13±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/11/10	<5	<1	11±1	12±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
2011											
03/01/11	<5	<1	5±1	12±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	<0,5
01/02/11	<2	<0,5	4±1	11±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	<0,5
01/03/11	3±1	<0,5	3±1	8±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	<0,5
04/04/11	2±1	<0,5	3±1	7±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	<0,5
02/05/11	2±1	<0,5	8±1	9±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	<0,5
06/06/11	2±1	<0,5	4±1	7±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	<0,5
04/07/11	2±1	<0,5	2±1	4±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	<0,5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/09/11	5±1	<0,5	<2	5±1	<1	<1	<2	4±1	<1	<2	<0,5
03/10/11	3±1	<0,5	7±1	12±1	<1	<1	<2	3±1	3±1	<2	<0,5
24/10/11	<2	<0,5	3±1	6±1	<1	<1	<2	3±1	3±1	<2	<0,5
11/12/11	<2	<0,5	4±1	9±1	1±0,5	<1	<2	2±1	2±1	<2	<0,5

Tabla I. 3. Estación: CL 2

Latitud: S 37° 07' 27"

Longitud: O 69° 38' 51"

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

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

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla I. 3. (continuación)

Año	Metal/metaloide ( $\mu\text{g/L}$ )									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2004										
05/07	<5	<1	11 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
16/08	<5	<1	20 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/09	<5	<1	12 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	11 $\pm$ 2	$\leq$ 5	<2
11/10	<5	<1	27 $\pm$ 3	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
15/11	<5	<1	3 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/12	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2005										
17/01	<5	<1	18 $\pm$ 2	7 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/02	<5	<1	18 $\pm$ 2	3 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/03	<5	<1	13 $\pm$ 2	19 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
11/04	<5	<1	14 $\pm$ 2	13 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
05/05	<5	<1	6 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/06	<5	<1	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2006										
09/01/06	<5	<1	156 $\pm$ 15	31 $\pm$ 3	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
20/02/06	<5	<1	36 $\pm$ 3	15 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	11 $\pm$ 1	<2
13/03/06	<5	<1	14 $\pm$ 1	7 $\pm$ 1	<1	<1	<10	7 $\pm$	$\leq$ 5	<2
17/04/06	<5	<1	11 $\pm$ 1	4 $\pm$ 0,5	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
08/05/06	<5	<1	5 $\pm$ 0,6	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/06/06	<5	<1	4 $\pm$ 0,5	<2	<1	<1	<10	8 $\pm$ 0,8	$\leq$ 5	<2
10/07/06	<5	<1	5 $\pm$ 0,6	3 $\pm$ 1	<1	<1	<10	7 $\pm$ 0,7	$\leq$ 5	<2
07/08/06	<5	<1	18 $\pm$ 3	<2	<1	<1	<10	<58	$\leq$ 5	<2
11/09/06	<5	<1	5 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
09/10/06	<5	<1	21 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/11/06	<5	<1	32 $\pm$ 2	26 $\pm$ 2	<1	<1	<10	7 $\pm$ 1	$\leq$ 5	<2
11/12/06	<5	<1	8 $\pm$ 1	12 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2

Tabla 1.3. (continuación)

2007	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
08/01/07	<5	<1	13±1	11±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/02/07	<5	<1	11±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/03/07	<5	<1	16±2	10±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/04/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/05/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/06/07	<5	<1	13±3	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/07/07	<5	<1	10±2	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/08/07	<5	<1	12±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/09/07	<5	<1	10±2	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
15/10/07	<5	<1	11±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/11/07	<5	<1	14±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/12/07	<5	<1	17±2	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2008										
07/01/08	<5	<1	29±3	9±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/02/08	<5	<1	8±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/03/08	<5	<1	13±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
14/04/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/05/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/06/08	<5	<1	8±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/07/08	<5	<1	30±2	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/08/08	<5	<1	12±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/09/08	<5	<1	<2	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
30/09/08	<5	<1	15±2	8±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/11/08	<5	<1	10±1	11±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/12/08	<5	<1	5±1	15±2	<1	<1	<10	8±1	<5	<2
2009										
05/01/09	6±1	<1	7±1	9±1	<1	<1	<10	<5	13±1	<2
02/02/09	<5	<1	5±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/03/09	<5	<1	10±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/04/09	<5	<1	<2	2±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/05/09	<5	<1	19±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
02/06/09	<5	<1	2±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/07/09	<5	<1	6±1	6±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/08/09	<5	<1	12±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
31/08/09	<5	<1	7±1	6±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
29/09/09	<5	<1	8±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
02/11/09	<5	<1	18±2	18±1	5±1	<1	<10	11±1	<5	<2
14/12/09	<5	<5	12±2	12±2	5±1	<1	<10	6±1	<5	<2

Tabla 1.3. (continuación)

2010	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Uranio
11/01/10	<5	<1	<2	9±1	<1	<1	<10	11±1	<5	<2	
08/02/10	<5	<1	18±2	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
08/03/10	<5	<1	2±1	6±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
05/04/10	<5	<1	3±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
10/05/10	<5	<1	12±1	3±1	2,7±0,2	<1	<10	<5	<5	<2	
07/06/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
05/07/10	<5	<1	11±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
02/08/10	<5	<1	<2	3±	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/09/10	<5	<1	15±2	3±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
04/10/10	<5	<1	14±1	17±1	4±1	<1	<10	6±1	<5	<2	
15/11/10	<5	<1	2±1	5±1	5±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/11/10	<5	<1	3 <sup>s</sup>	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
2011											
03/01/11	<5	<1	18±1	10±1	<1	<1	<10	6±1	13±1	<2	0,7±0,1
01/02/11	4±1	<0,5	13±1	9±1	<1	<1	<2	6±1	5±1	<2	0,5±0,1
01/03/11	5±1	<0,5	20±1	7±1	<1	<1	<2	7±1	10±1	<2	0,7±0,1
04/04/11	2±1	<0,5	3±1	3±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	<0,5
03/05/11	3±1	<0,5	3±1	5±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	<0,5
07/06/11	3±1	<0,5	10±1	6±1	<1	<1	<2	4±1	<1	<2	<0,5
05/07/11	2±1	<0,5	2±1	4±1	<1	<1	2±1	3±1	<1	<2	<0,5
01/08/11	2±1	<0,5	3±1	3±1	<1	<1	2±1	3±1	<1	<2	<0,5
06/09/11	2±1	<0,5	<2	3±1	<1	<1	2±1	3±1	<1	<2	<0,5
04/10/11	3±1	<0,5	14±1	12±1	<1	<1	<2	7±1	6±1	<2	1±0,1
25/10/11	3±1	<0,5	13±1	13±1	<1	<1	<2	7±1	6±1	<2	1±0,1
12/12/11	2±1	<0,5	5±1	7±1	1±0,5	<1	<2	2±1	3±1	<2	<0,5



Tabla1.4. Estación: C L 3

Latitud: S 37° 21' 57"

Longitud: O 69° 00' 55"

Descripción: río Colorado altura Desfiladero Bayo

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

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla I. 4. (continuación)

Año	Metal/metaloide ( $\mu\text{g/L}$ )									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2004										
05/07	<5	<1	14 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
16/08	<5	<1	19 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/09	<5	<1	11 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/10	<5	<1	19 $\pm$ 2	10 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
15/11	<5	<1	4 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/12	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2005										
17/01	<5	<1	13 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
14/02	<5	<1	26 $\pm$ 3	5 $\pm$ 1	<1	<1	<10	5 $\pm$ 1	9 $\pm$ 1	<2
14/03	<5	<1	40 $\pm$ 4	20 $\pm$ 2	2 $\pm$ 1	<1	<10	12 $\pm$ 2	8 $\pm$ 1	<2
11/04	<5	<1	9 $\pm$ 1	9 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
02/05	<5	<1	3 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	<1	<1	<10	9 $\pm$ 2	<5	<2
13/06	<5	<1	5 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2006										
09/01/06	<5	<1	51 $\pm$ 5	42 $\pm$ 4	<1	<1	<10	15 $\pm$ 1,9	<5	<2
20/02/06	<5	<1	30 $\pm$ 3	17 $\pm$ 4	<1	<1	<10	9 $\pm$ 1	<5	<2
13/03/06	<5	<1	6 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
17/04/06	<5	<1	20 $\pm$ 2	4 $\pm$ 0,5	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/05/06	<5	<1	3 $\pm$ 0,5	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/06/06	<5	<1	7 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	9 $\pm$ 1	<5	<2
10/07/06	<5	<1	8 $\pm$ 1	2 $\pm$ 0,8	<1	<1	<10	7 $\pm$ 0,8	<5	<2
07/08/06	<5	<1	17 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/09/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/10/06	<5	<1	26 $\pm$ 3	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/11/06	<5	<1	24 $\pm$ 2	26 $\pm$ 2	<1	<1	<10	9 $\pm$ 1	<5	<2
11/12/06	<5	<1	7 $\pm$ 1	12 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	<5	<2

Tabla 1.4. (continuación)

2007	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
08/01/07	<5	<1	14±1	13±2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
12/02/07	<5	<1	39±4	21±2	<1	<1	<10	29±3	≤5	<2
12/03/07	<5	<1	29±2	16±2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
09/04/07	<5	<1	<2	3±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
07/05/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
11/06/07	<5	<1	11±2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
09/07/07	<5	<1	11±2	3±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
06/08/07	<5	<1	12±2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
10/09/07	<5	<1	12±2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
15/10/07	<5	<1	10±2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
12/11/07	<5	<1	14±2	4±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
10/12/07	<5	<1	29±3	5±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
2008										
07/01/08	<5	<1	20±2	8±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
11/02/08	<5	<1	24±2	6±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
10/03/08	<5	<1	30±2	5±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
14/04/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
12/05/08	<5	<1	21±2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
09/06/08	<5	<1	4±1	4±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
07/07/08	<5	<1	20±2	3±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
04/08/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
08/09/08	<5	<1	22±2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
30/09/08	<5	<1	<2	6±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
10/11/08	<5	<1	20±1	10±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
08/12/08	<5	<1	4±1	13±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
2009										
05/01/09	<5	<1	3±1	8±1	<1	<1	<10	<5	8±1	<2
02/02/09	<5	<1	21±1	4±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
09/03/09	<5	<1	6±1	3±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
13/04/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
04/05/09	<5	<1	4±1	3±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
02/06/09	<5	<1	4±1	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
06/07/09	<5	<1	5±1	4±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
03/08/09	<5	<1	8±1	<2	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
31/08/09	<5	<1	8±1	6±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
29/09/09	<5	<1	5±1	2±1	<1	<1	<10	<5	≤5	<2
02/11/09	<5	<1	19±2	18±2	5±1	<1	<10	11±1	6±1	<2
14/12/09	<5	<1	11±2	12±2	5±1	<1	<10	6±1	≤5	<2

Tabla 1.4. (continuación)

2010	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Uranio
11/01/10	<5	<1	9±	5±1	<1	<1	<10	10±1	<5	<2	
08/02/10	<5	<1	26±3	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
08/03/10	<5	<1	3±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
05/04/10	<5	<1	2±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
10/05/10	<5	<1	<2	3±1	2,7±0,2	<1	<10	<5	<5	<2	
07/06/10	<5	<1	4±1	3±1	<1	<1	<10	7±1	<5	<2	
05/07/10	<5	<1	13±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
02/08/10	<5	<1	<2	2±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/09/10	<5	<1	<2	3±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
04/10/10	<5	<1	7±1	9±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
15/11/10	<5	<1	2±1	5±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/12/10	<5	<1	15±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
2011											
03/01/11	5±1	<1	36±1	18±1	<1	<1	<10	12±1	21±1	<2	<2
01/02/11	6±1	<0,5	28±1	12±1	<1	<1	3±1	9±1	14±1	<2	0,6±0,1
01/03/11	4±1	<0,5	15±1	6±1	<1	<1	<2	6±1	8±1	<2	0,7±0,1
04/04/11	2±1	<0,5	19±1	3±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	<0,5
03/05/11	3±1	<0,5	13±1	5±1	<1	<1	2±1	3±1	<1	<2	<0,5
07/06/11	2±1	<0,5	14±1	3±1	<1	<1	<2	3±1	2±1	<2	<0,5
05/07/11	2±1	<0,5	2±1	4±1	<1	<1	2±1	3±1	<1	<2	<0,5
01/08/11	2±1	<0,5	2±1	3±1	<1	<1	2±1	3±1	<1	<2	<0,5
06/09/11	2±1	<0,5	<2	3±1	<1	<1	2±1	4±1	<1	<2	<0,5
04/10/11	2±1	<0,5	7±1	8±1	<1	<1	2±1	4±1	2±1	<2	0,6±0,1
25/10/11	4±1	<0,5	16±1	18±1	<1	<1	2±1	4±1	4±1	<2	0,6±0,1
12/12/11	2±1	<0,5	8±1	9±1	2±1	<1	<2	3±1	4±1	<2	<0,5

Tabla I. 5. Estación: CL 4

Latitud: S 37° 43' 32"

Longitud: O 67° 45' 47"

Descripción: río Colorado altura Punto Unido

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

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla I. 5. (continuación)

Año	Metal/metaloide ( $\mu\text{g/L}$ )									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2004										
05/07	<5	<1	11 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
16/08	<5	<1	21 $\pm$ 2	2 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/09	<5	<1	13 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/10	<5	<1	15 $\pm$ 2	12 $\pm$ 2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
16/11	<5	<1	4 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/12	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2005										
18/01	<5	<1	11 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
15/02	6 $\pm$ 1	<1	26 $\pm$ 3	4 $\pm$ 1	<1	<1	<10	12 $\pm$ 2	$\leq$ 5	5 $\pm$ 1
15/03	<5	<1	11 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/04	<5	<1	8 $\pm$ 1	8 $\pm$ 1	<1	<1	<10	11 $\pm$ 2	$\leq$ 5	<2
03/05	<5	<1	29 $\pm$ 3	3 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/06	<5	<1	13 $\pm$ 2	8 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2006										
10/01/06	<5	<1	118 $\pm$ 11	44 $\pm$ 4	<1	<1	<10	20 $\pm$ 2	<5	<2
21/02/06	10 $\pm$ 1	<1	47 $\pm$ 5	27 $\pm$ 3	2 $\pm$ 0,6	<1	<10	26 $\pm$ 2	12 $\pm$ 1	<2
13/03/06	<5	<1	6 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	<1	<1	<10	5 $\pm$ 1	$\leq$ 5	<2
18/04/06	<5	<1	12 $\pm$ 2	4 $\pm$ 0,5	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
08/05/06	<5	<1	7 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/06/06	<5	<1	13 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	10 $\pm$ 1	$\leq$ 5	<2
01/07/06	<5	<1	11 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	8 $\pm$ 0,9	$\leq$ 5	<2
07/08/06	<5	<1	18 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
11/09/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
09/10/06	<5	<1	20 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/11/06	<5	<1	30 $\pm$ 2	27 $\pm$ 2	<1	<1	<10	10 $\pm$ 1	$\leq$ 5	<2
11/12/06	<5	<1	4 $\pm$ 1	9 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2

Tabla 1.5. continuación)

2007	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
08/01/07	<5	<1	15±2	14±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/02/07	<5	<1	15±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/03/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/04/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/05/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/06/07	<5	<1	15±3	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/07/07	<5	<1	12±2	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/08/07	<5	<1	141±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/09/07	<5	<1	14±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
15/10/07	<5	<1	12±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/11/07	<5	<1	24±3	12±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/12/07	<5	<1	6±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2008										
07/01/08	<5	<1	12±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/02/08	<5	<1	13±1	8±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/03/08	<5	<1	35±3	9±2	<1	<1	<10	<5	11±2	<2
14/04/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/05/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/06/08	<5	<1	4±	4±	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/07/08	<5	<1	39±2	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
05/08/08	<5	<1	7±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/09/08	<5	<1	20±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
30/09/08	<5	<1	6±1	8±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/11/08	<5	<1	<2	15±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/12/08	<5	<1	5±1	14±2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2009										
05/01/09	12±1	2,0±2	71±6	12±1	1,5±0,3	<1	<10	10±1	44±2	<2
02/02/09	<5	<1	11±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/03/09	<5	<1	41±2	3±1	2±1	<1	<10	<5	9±1	<2
15/04/09	<5	<1	3±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/05/09	<5	<1	4±1	<2	<1	<1	<10	<5	9±1	<2
02/06/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/07/09	<5	<1	9±1	6±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/08/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
31/08/09	<5	<1	6±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
29/09/09	<5	<1	2±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
02/11/09	<5	<1	10±1	9±1	3±1	<1	<10	9±1	<5	<2
14/12/09	<5	<1	6±1	4±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2

Tabla 1.5. (continuación)

2010	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Uranio
11/01/10	<5	<1	7±1	7±1	<1	<1	<10	12±1	<5	<2	
08/02/10	<5	<1	19±2	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
08/03/10	<5	<1	3±1	5±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
05/04/10	<5	<1	2±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
10/05/10	<5	<1	4±1	3±1	2,6±0,2	<1	<10	<5	<5	<2	
07/06/10	<5	<1	5±1	3±1	<1	<1	<10	8±1	<5	<2	
05/07/10	<5	<1	20±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
02/08/10	<5	<1	3±1	2±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/09/10	<5	<1	2±1	3±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
04/10/10	<5	<1	3±1	5±1	2±1	<1	<10	<5	<5	<2	
15/11/10	<5	<1	5±1	4±1	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/12/10	<5	<1	3±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
2011											
03/01/11	<5	<1	17±1	12±1	<1	<1	<10	10±1	8±1	<2	1,7±0,2
01/02/11	5±1	<0,5	19±1	9±1	<1	<1	3±1	6±1	10±1	<2	0,7±0,1
01/03/11	3±1	<0,5	10±1	6±1	<1	<1	<2	6±1	3±1	<2	0,9±0,1
04/04/11	5±1	<0,5	2±1	3±1	<1	<1	<2	3±1	<1	<2	0,7±0,1
03/05/11	2±1	<0,5	3±1	4±1	<1	<1	2±1	3±1	<1	<2	0,7±0,1
07/06/11	2±1	<0,5	33±2	3±1	<1	<1	2±1	3±1	<1	<2	0,6±0,1
05/07/11	2±1	<0,5	3±1	4±1	<1	<1	2±1	3±1	6±1	<2	0,5±0,1
02/08/11	2±1	<0,5	13±1	2±1	<1	<1	2±1	3±1	<1	<2	<0,5
06/09/11	2±1	<0,5	<2	2±1	2±1	<1	2±1	5±1	<1	<2	0,6±0,1
04/10/11	2±1	<0,5	5±1	6±1	<1	<1	2±1	3±1	3±1	<2	0,6±0,1
25/10/11	5±1	<0,5	13±1	16±1	<1	<1	2±1	3±1	3±1	<2	0,6±0,1
12/12/11	3±1	<0,5	16±1	15±1	3±1	<1	<2	5±1	8±1	<2	0,6±0,1



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

Latitud: S 38° 01' 35"

Longitud: O 67° 52' 44"

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

MI: margen izquierda – MD: margen derecha – <sup>(1)</sup> muestra duplicada - <sup>(2)</sup> muestra triplicada

Tabla I. 6. (continuación)

Año	Metal/metaloide (µg/L)									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2004										
06/07	<5/<5	<1/<1	9±1/10±1	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
17/08	<5/<5	<1/<1	19±2/13±2	<2/3±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
14/09	<5/<5	<1/<1	12±1/13±2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
12/10	<5/<5	<1/<1	18±2/19±2	14±2/15±2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
15/11	<5/<5	<1/<1	11±1/2±1	8±1/7±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
13/12	<5/<5	<1/<1	5±1/<2	11±1/10±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
2005										
17/01	<5/<5	<1/<1	14±2/13±2	4±1/4±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
14/02	<5/<5	<1/<1	42±4/26±3	13±2/10±2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	14±2/6±1	<5/8±1	4±1/<2
15/03	<5/<5	<1/<1	14±2/13±2	4±1/3±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
11/04	<5/<5	<1/<1	9±1/10±1	9±1/8±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
02/05	<5/<5	<1/<1	22±3/4±1	3±1/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	9±2/18±2	<5/<5	<2/<2
14/06	<5/<5	<1/<1	7±1/13±2	7±1/8±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
2006										
09/01/06	<5/<5	<1/<5	65±6/77±7	59±5/64±5	<1/<1	<1/<1	<10/<10	26±2/29±2	<5/<5	<5/<5
20/02/06	<5/<5	<1/<1	39±3/33±3	216±3/25±2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	13±1/9±1	12±1/10±1	<5/<5
13/03/06	<5/<5	<1/<1	8±1/7±1	6±1/7±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	5±1/6±1	<5/<5	<5/<5
17/04/06	<5/<5	<1/<1	3±0,5/4±0,6	3±0,5/4±0,5	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<5/<5
08/05/06	<5/<5	<1/<1	6±0,8/11±1	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	6±/<5	<5/<5	<5/<5
12/06/06	<5/<5	<1/<1	23±3/8±0,8	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	10±1/10±1	<5/<5	<5/<5
10/07/06	<5/<5	<1/<1	19±3/9±0,8	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	7±0,8/8±0,9	<5/<5	<5/<5
07/08/06	<5/<5	<1/<1	18±2/19±3	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<5/<5
11/09/06	<5/<5	<1/<1	3±1/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<5/<5
09/10/06	<5/<5	<1/<1	21±2/21±2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<5/<5
13/11/06	<5/<5	<1/<5	14±1/17±2	20±2/22±2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	6±1/6±1	<5/<5	<5/<5
11/12/06	<5/<5	<1/<1	<2/4±1	7±1/9±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/5	<5/<5

Tabla 1.6. (continuación)

2007	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
08/01/07	<5/<5	<1/<1	16±2/16±2	16±2/9±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
12/02/07	<5/<5	<1/<1	17±1/10±1	8±1/8±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
12/03/07	<5/<5	<1/<1	24±2/22±2	16±2/15±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
09/04/07	<5/<5	<1/<1	<2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
07/05/07	<5/<5	<1/<1	<2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
11/06/07	<5/<5	<1/<1	10±2/18±3	<2/6±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
09/07/07	<5/<5	<1/<1	11±2/11±2	<2/2±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
06/08/07	<5/<5	<1/<1	12±2/9±2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
10/09/07	<5/<5	<1/<1	7±1/5±1	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
15/10/07	<5/<5	<1/<1	5±1/4±1	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<<5/<5	<2/<2
12/11/07	<5/<5	<1/<1	18±2/5±1	9±1/5±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
10/12/07	<5/<5	<1/<1	31±3/<2	5±1/5±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
2008										
07/01/08	<5/<1	<1/<1	28±3/21±2	7±1/6±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
11/02/08	<5/<5	<1/<1	27±2/16±2	12±1/15±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	6±1/6±1	<5/<5	<2/6±1
10/03/08	<5/<5	<1/1,2±0,1	49±4/65±6	15±2/19±2	<1/1,7±0,2	<1/<1	<10/<10	7±1/13±2	<5/11±2	<2/<2
14/04/08	<5/<5	<1/<1	<2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
12/05/08	<5/<5	<1/<1	24±2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
09/06/08	<5/<5	<1/<1	5±1/<2	8±1/8±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
07/07/08	<5/<5	<1/<1	<2/5±1	<2/2±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
04/08/08	<5/<5	<1/<1	8±1/2±1	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
08/09/08	<5/<5	<1/<1	98±5/59±4	2±1/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
30/09/08	6±1/<5	<1/<1	<2/<2	8±1/8±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
10/11/08	<5/<5	<1/<1	5±1/<2	18±2/13±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
08/12/08	<5/<5	<1/<1	6±1/6±1	19±2/19±2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	10±1/8±1	<5/<5	<2/<2
2009										
05/01/09	<5/<5	<1/<1	3±1/2±1	9±1/9±	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
02/02/09	<5/<05	<1/<1	3±1/6±1	4±1/5±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
09/03/09	<5/<5	<1/<1	6±1/9±1	<2/2±1	10±0,3/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
13/04/09	<5/<5	<1/<1	<2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5//<5	<2/<2
04/05/09	<5/<5	<1/<1	7±1/11±1	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5//<5	<5/<5	<2/<2
02/06/09	<5/<5	<1/<1	<2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
06/07/09	<5/<5	<1/<1	<2/<2	12±2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
03/08/09	<5/<5	<1/<1	<2/<2	<2/<2	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
31/08/09	<5/<5	<1/<1	3±1/4±1	4±1/4±	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
29/09/09	<5/<5	<1/<1	4±1/3±1	3±1/3±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2
02/11/09	<5/<5	<1/<1	61±4/71±6	38±4/37±4	8±1/8±1	<1/<1	<10/<10	22±2/21±2	13±2/13±2	<2/<2
14/12/09	<5/<5	<1/<1	14±2/12±2	15±2/13±2	7±1/7±1	<1/<1	<10/<10	8±17±1	6±1/6±1	

Tabla 1.6. (continuación)

2010	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Uranio
11/01/10	<5/<5	<1/<1	18±2/23±2	12±1/11±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	17±2/17±2	<5/<5	<2/<2	
08/02/10	<5/<5	<1/<1	15±2/15±2	4±1/5±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
08/03/10	<5/<5	<1/<1	3±1/6±1	5±1/4±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
05/04/10	<5/<5	<1/<1	3±1/3±1	3±1/4±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
10/05/10	<5/<5	<1/<1	<2/<2	3±1/3±	2,5±0,2/2,1±0,2	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
07/06/10	<5/<5	<1/<1	2±1/<2	2±1/2±1	<1/<<<1	<1/<1	<10/<10	8±1/7±1	<5/<5	<2/<2	
05/07/10	<5/<5	<1/<1	3±1/3±1	<2/2±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
02/08/10	<5/<5	<1/<1	3±1/<2	2±1/2±1	4±1/3±1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
06/09/10	<5/<5	<1/<1	4±1/3±1	2±1/3±1	5±1/5±1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
04/10/10	<5/<5	<1/<1	18±1/6±1	5±1/5±1	3±1/2±1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
15/11/10	<5/<5	<1/<1	2±1/<2	4±1/4±1	5±1/5±1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
06/12/10	<5/<5	<1/<1	<2/<2	3±1/3±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	<5/<5	<5/<5	<2/<2	
2011											
03/01/11	5±1/<5	<1/<1	24±1/18±1	12±1/2±1	<1/<1	<1/<1	<10/<10	10±1/9±1	10±1/<5	<2/<2	1,9±0,2/19±0,2
01/02/11	4±1/4±1	<0,5/<0,5	10±1/10±1	7±1/7±1	<1/<1	<1/<1	2±1/2±1	6±1/6±1	5±1/5±1	<2/<2	0,7±0,1/0,7±0,1
02/03/11	4±1/4±1	<0,5/<0,5	11±1/8±1	7±1/7±1	<1/<1	<1/<1	2±1/2±1	8±1/8±1	3±1/3±1	<2/<2	1,3±0,3/1,3±0,3
04/04/11	2±1/2±1	<0,5/<0,5	2±1/8±1	3±1/2±1	<1/<1	<1/<1	2±1/2±1	3±1/3±1	<1/<1	<2/<2	0,6±0,1/0,6±0,1
03/05/11	5±1/5±1	<0,5/<0,5	3±1/3±1	5±1/5±1	<1/<1	<1/<1	2±1/2±1	3±1/3±1	1/<1	<2/<2	0,7±0,1/0,7±0,1
05/07/11	5±1/5±1	<0,5/<0,5	16±1/10±1	15±1/11±1	<1/<1	<1/<1	2±1/3±1	9±1/7±1	5±1/<1	<2/<2	1±0,1/1±0,1
02/08/11	2±1/2±1	<0,5/<0,5	7±1/7±1	2±1/2±1	<1/<1	<1/<1	2±1/2±1	3±1/3±1	<1/<1	<2/<2	0,5±0,1/0,5±0,1
06/09/11	2±1/2±1	<0,5/<0,5	<2/<2	2±1/2±1	<1/<1	<1/<1	2±1/2±1	4±1/4±1	<1/<1	<2/<2	0,6±0,1/0,6±0,1
04/10/11	2±1/2±1	<0,5/<0,5	5±1/5±1	6±1/6±1	1/<1	1/<1	2±1/2±1	3±1/3±1	3±1/3±1	<2/<2	0,7±0,1/0,7±0,1
25/11/11	5±1/5±1	<0,5/<0,5	19±1/57±4	22±1/20±1	<1/<1	<1/<1	2±1/2±1	3±1/3±1	3±1/3±1	<2/<2	0,7±0,1/0,7±0,1
12/12/11	3±1/2±1	<0,5/<0,5	12±1/9±1	11±1/9±1	<1/<1	<1/<1	<2/<2	5±1/3±1	6±1/4±1	<2/<2	0,7±0,1/<0,5

Por impedimento en el acceso no se pudo efectuar el muestreo en el mes de junio en esta estación.

Tabla I. 7. Estación: CL 6

Latitud: S 38° 12' 55"

Longitud: O 67° 11' 04"

Descripción: descarga embalse Casa de Piedra

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

MI: margen izquierda – MD: margen derecha

Tabla I. 7. (continuación)

Año	Metal/metaloide ( $\mu\text{g/L}$ )									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2004										
06/07	<5	<1	9 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	3 $\pm$ 1
17/08	<5	<1	12 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/09	<5	<1	15 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/10	<5	<1	29 $\pm$ 3	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
16/11	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/12	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2005										
18/01	<5	<1	10 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
15/02	<5	<1	6 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
15/03	<5	<1	11 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/04	<5	<1	15 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	<1	<1	<10	9 $\pm$ 1	$\leq$ 5	<2
03/05	<5	<1	4 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1	<1	<1	<10	14 $\pm$ 2	$\leq$ 5	<2
14/06	<5	<1	10 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2006										
10/01/06	<5	3,7 $\pm$ 0,3	8 $\pm$ 1	10 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
21/02/06	<5	<1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 0,6	<1	<1	<10	7 $\pm$ 1	$\leq$ 5	<2
14/03/06	<5	<1	5 $\pm$ 1	3 $\pm$ 0,6	<1	<1	<10	7 $\pm$ 1	$\leq$ 5	<2
18/04/06	<5	<1	<2	3 $\pm$ 0,5	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
09/05/06	<5	<1	4 $\pm$ 0,4	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/06/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
11/07/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
08/08/06	<5	<1	15 $\pm$ 3	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/09/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
10/10/06	<5	<1	38 $\pm$ 4	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/11/06	<5	3,7 $\pm$ 0,3	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/12/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2

Tabla 1.7. (continuación)

2007	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
09/01/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/02/07	<5	<1	5±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/03/07	<5	<1	<2	8±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/04/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/05/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/06/07	<5	<1	13±3	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/07/07	<5	<1	8±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/08/07	<5	<1	7±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/09/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
16/10/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/11/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/12/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2008										
08/01/08	<5	<1	3±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/02/08	<5	<1	10±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/03/08	<5	<1	7±	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
15/04/08	<5	<1	43±3	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/05/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/06/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/07/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
05/08/08	<5	<1	16±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/09/08	<5	<1	73±4	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
01/10/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/11/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/12/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2009										
06/01/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/02/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/03/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
14/04/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
05/05/09	<5	<1	5±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/06/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/07/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/08/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
01/09/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
30/09/09	<5	<1	5±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/11/09	<5	<1	15±2	<2	3±1	<1	<10	<5	<5	<2
15/12/09	<5	<1	<2	<2	5±1	<1	<10	<5	<5	<2

Tabla 1.7. (continuación)

2010	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Uranio
12/01/10	<5	<1	4±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
09/02/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
09/03/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/04/10	<5	<1	<2	2±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
11/05/10	<5	<1	3±1	<2	2,4±0,2	<1	<10	<5	<5	<2	
08/06/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	6±1	<5	<2	
06/07/10	<5	<1	9±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
03/08/10	<5	<1	<2	<2	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
07/09/10	<5	<1	2±1	<2	3±1	<1	<10	<5	<5	<2	
05/10/10	<5	<1	<2	<2	2±1	<1	<10	<5	<5	2	
16/11/10	<5	<1	<2	<2	<2	<1	<10	<5	<5	<2	
07/12/10	<5	<1	3±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
<b>2011</b>											
04/01/11	<5	<1	7±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	0,6±0,1
02/02/11	<2	<0,5	<2	2±1	<1	<1	3±1	3±1	<1	<2	0,6±0,1
02/03/11	2±1	<0,5	<2	2±1	<1	<1	3±1	3±1	<1	<2	0,7±0,1
05/04/11	2±1	<0,5	19±1	2±1	<1	<1	2±1	2±1	<1	<2	0,7±0,1
04/05/11	3±1	<0,5	2±1	3±1	<1	<1	3±1	3±1	<1	<2	0,7±0,1
07/06/11	2±1	<0,5	2±1	2±1	<1	<1	3±1	3±1	<1	<2	0,7±0,1
05/07/11	2±1	<0,5	<2	2±1	<1	<1	3±1	3±1	<1	<2	0,7±0,1
02/08/11	2±1	<0,5	<2	<2	<1	<1	4±1	3±1	<1	<2	0,7±0,1
06/09/11	2±1	<0,5	<2	<2	<1	<1	3±1	4±1	<1	<2	0,7±0,1
04/10/11	2±1	<0,5	<2	<2	<1	<1	3±1	2±1	<1	<2	0,7±0,1
25/10/11	2±1	<0,5	<2	<2	<1	<1	3±1	2±1	<1	<2	0,7±0,1
12/12/11	2±1	<0,5	<2	<2	2±1	<1	3±1	2±1	<1	<2	0,8±0,1



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

Latitud: S 38° 59' 14"

Longitud: O 64° 05' 32"

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

MD: margen derecha – <sup>(1)</sup> muestra duplicada – <sup>(2)</sup> muestra triplicada

Tabla 1.8 (continuación)

Año	Metal/metaloide ( $\mu\text{g/L}$ )									
	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
2004										
07/07	<5	<1	10 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
18/08	<5	<1	12 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
15/09	<5	<1	16 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/10	<5	<1	29 $\pm$ 3	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
17/11	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
15/12	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2005										
19/01	<5	<1	11 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
16/02	<5	<1	6 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
16/03	<5	<1	10 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
13/04	<5	<1	12 $\pm$ 2	2 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
04/05	<5	<1	4 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1	<1	<1	<10	24 $\pm$ 3	$\leq$ 5	2 $\pm$ 1
15/06	<5	<1	4 $\pm$ 1	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
2006										
11/01/06	<5	<1	5 $\pm$ 1	12 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
22/02/06	<5	<1	8 $\pm$ 1	6 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
15/03/06	<5	<1	6 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
19/04/06	<5	<1	9 $\pm$ 1	4 $\pm$ 1	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
10/05/06	<5	<1	4 $\pm$ 0,4	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/06/06	<5	<1	3 $\pm$ 0,3	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
11/07/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
08/08/06	<5	<1	16 $\pm$ 3	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/09/06	<5	<1	16 $\pm$ 3	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
10/10/06	<5	<1	21 $\pm$ 2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
14/11/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2
12/12/06	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	$\leq$ 5	<2

Tabla 1.8. (continuación)

2007	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio
10/01/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/02/07	<5	<1	12±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/03/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/04/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/05/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/06/07	<5	<1	11±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/07/07	<5	<1	9±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
07/08/07	<5	<1	5±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/09/07	<5	<1	8±1	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
16/10/07	<5	<1	6±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/11/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/12/07	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2008										
08/01/08	<5	<1	7±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/02/08	<5	<1	11±1	4±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
11/03/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
15/04/08	<5	<1	56±4	3±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
13/05/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/06/08	<5	<1	25±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/07/08	<5	<1	25±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
05/08/08	<5	<1	23±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
10/09/08	<5	<1	9±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
01/10/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
12/11/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
09/12/08	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
2009										
07/01/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/02/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/04/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
06/05/09	<5	<1	24±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
03/06/09	<5	<1	29±2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
08/07/09	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/08/09	<5	<1	6±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
02/09/09	<5	<1	2±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2
30/09/09	<5	<1	<2	2±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2
04/11/09	<5	<1	2±1	3±1	5±1	<1	<10	<5	<5	<2
15/12/09	<5	<1	2±1	3±1	5±1	<1	<10	<5	<5	<2

Tabla 1.8. (continuación)

2010	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Uranio
13/01/10	<5	<1	12±1	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
09/02/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
16/03/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
06/04/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
11/05/10	<5	<1	3±1	<2	2,7±0,2	<1	<10	<5	<5	<2	
08/06/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	6±1	<5	<2	
07/07/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
03/08/10	<5	<1	9±2	<2	3±1	<1	<10	<5	<5	<2	
08/09/10	<5	<1	2±1	<2	4±1	<1	<10	<5	<5	<2	
05/10/10	<5	<1	4±1	<2	2±1	<1	<10	<5	<5	<2	
17/11/10	<5	<1	<2	<2	<2	<1	<10	<5	<5	<2	
07/12/10	<5	<1	<2	<2	<1	<1	<10	<5	<5	<2	
2011											
04/01/11	<5	<1	16±1	2±1	<1	<1	<10	<5	<5	<2	0,7±0,1
02/02/11	2±1	<0,5	<2	2±1	<1	<1	3±1	3±1	<1	<2	0,7±0,1
02/03/11	2±1	<0,5	<2	2±1	<1	<1	3±1	3±1	<1	<2	0,8±0,1
06/04/11	2±1	<0,5	4±1	2±1	<1	<1	2±1	2±1	<1	<2	0,7±0,1
04/05/11	3±1	<0,5	2±1	3±1	<1	<1	3±1	3±1	<1	<2	0,7±0,1
09/06/11	2±1	<0,5	16±1	2±1	<1	<1	3±1	4±1	<1	<2	0,8±0,1
06/07/11	2±1	<0,5	14±1	3±1	<1	<1	<2	4±1	<1	<2	0,9±0,1
03/08/11	2±1	<0,5	2±1	2±1	2±1	<1	4±1	3±1	<1	<2	0,7±0,1
07/09/11	2±1	<0,5	<2	<2	<1	<1	4±1	4±1	<1	<2	0,8±0,1
05/10/11	<2	<0,5	<2	<2	<1	<1	4±1	2±1	<1	<2	0,9±0,1
26/10/11	2±1	<0,5	<2	<2	<1	<1	4±1	2±1	<1	<2	0,9±0,1
13/12/11	2±1	<0,5	<2	<2	1±0,5	<1	3±1	2±1	<1	<2	1,0±0,1

Hidrocarburos  
aromáticos  
polinucleares  
en columna  
de agua

Anexo II



Tabla II. 1. Estación: CL 0

Latitud: S 36° 49' 04"

Longitud: O 69° 52' 14"

Descripción: río Barrancas altura puente – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	18/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	06/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	24/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	12/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	07/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	25/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003	28/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
	09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
	11/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
	22/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
	17/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

Tabla II.1 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2004										
05/07	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
16/08	0,017	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/10	0,016	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,023	0,042	0,046
15/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/12	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2005										
17/01	0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/02	0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/03	0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/04	0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,290	<0,020
02/05	0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/06	0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2006										
09/01/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
20/02/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/03/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,0250
17/04/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/05/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/06/06	<0,020	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/07/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	0,023
07/08/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/11/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/12/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020







Tabla II.1 (continuación)

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

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







Tabla II. 2 Estación: CL 1

Latitud: S 35° 51' 32"

Longitud: O 69° 48' 25"

Descripción: río Grande altura Bardas Blancas – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,130 (*)		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,016(*)		0,020	0,010	0,020	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,017(*)		<0,010	0,010	0,030	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,015(*)		<0,010	0,010	0,030	0,040
	(*) Fenantreno + antraceno									
2001										
12/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,020	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
23/04	-	<0,010	<0,010	<0,010	0,020	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
25/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
13/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
29/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
03/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
2002										
18/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
28/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
22/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
17/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

Tabla II.2 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2004										
05/07	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	0,033	<0,005	<0,010	<0,020	0,290	0,200
16/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/09	0,011	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/12	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2005										
17/01	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/02	0,016	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/04	0,026	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
02/05	0,024	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2006										
09/01/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
20/02/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/03/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
17/04/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/05/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/06/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/07/06	0,011	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
07/08/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/11/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/12/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020





Tabla II.2 (continuación)

2010	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
11/01/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/02/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/03/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
05/04/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/05/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
07/06/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
05/07/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
02/08/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
06/09/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
04/10/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/11/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
06/11/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2011	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
03/01/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
01/02/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
01/03/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
04/04/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
02/05/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
06/06/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
04/07/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/09/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
03/10/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
24/10/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/12/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

Tabla II.2 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2001									
12/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
23/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
29/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
03/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2002									
18/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,028	0,020
25/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
28/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
22/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

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







Tabla II. 3. Estación: CL 2

Latitud: S 37° 07' 27"

Longitud: O 69° 38' 51"

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

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,016(*)		0,020	0,010	0,024	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,011(*)		<0,010	<0,010	0,011	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010 (*)		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,013(*)		<0,010	<0,010	0,032	0,031
	(*) Fenantreno + Antraceno									
2001										
12/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
23/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
25/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
13/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
29/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
03/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
2002										
18/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,014	<0,005	<0,005
06/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
28/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
22/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
17/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

Tabla II.3 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2004										
05/07	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
16/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/09	0,014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/12	0,042	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,023	<0,020	<0,020	<0,020
2005										
17/01	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/02	0,022	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	0,024	<0,020	<0,020
14/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
02/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2006										
09/01/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
20/02/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/03/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
17/04/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/05/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/06/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/07/06	0,021	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
07/08/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/11/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/12/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020







Tabla II.3 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2001									
12/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
23/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
29/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
03/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2002									
18/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
28/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
22/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

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







Tabla II 4 Estación: CL 3

Latitud: S 37° 21' 57"

Longitud: O 69° 00' 55"

Descripción: río Colorado altura Desfiladero Bayo – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,012	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	0,038	0,029
	(*) Fenantreno + antraceno									
2001										
12/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
23/04	<0,010	<0,010	<0,010	0,010	0,040	<0,010	<0,020	<0,050	0,070	<0,050
25/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
13/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
29/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
03/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
2002										
18/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,018	0,046	<0,005	<0,005
06/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
28/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
22/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
17/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

Tabla II.4 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2004										
05/07	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,008	<0,010	<0,020	0,110	0,082
16/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/09	0,014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/12	0,023	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,013	<0,020	<0,020	<0,020
2005										
17/01	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/02	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	0,024	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
02/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2006										
09/01/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
20/02/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/03/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
17/04/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/05/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/06/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/07/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
07/08/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/11/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/12/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020







Tabla II.4 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,014	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2001									
12/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
23/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,040	<0,010
25/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
29/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
03/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2002									
18/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
28/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
22/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

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







Tabla II. 5. Estación: CL 4

Latitud: S 37° 43' 32"

Longitud: O 67° 45' 47"

Descripción: río Colorado altura Punto Unido – Margen izquierda

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,29 (*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,015(*)	<0,010	0,0110	0,041	0,045	0,045
	(*) Fenantreno + Antraceno									
2001										
12/02	0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
23/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
25/06	0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
13/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
29/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
03/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
2002										
18/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
29/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
22/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
17/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

Tabla II.5 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2004										
06/07	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
16/08	0,017	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,012	<0,020	<0,020	<0,020
14/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
16/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/12	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2005										
18/01	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/02	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	0,020	0,012	<0,010	0,028	0,030	<0,020
15/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/04	0,018	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
03/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2006										
10/01/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
21/02/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/03/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
18/04/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/05/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/06/06	0,028	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/07/06	0,073	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
07/08/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/09/06	0,011	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/11/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/12/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020







Tabla II.5 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	<0,010
2001									
12/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
23/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
29/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
03/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2002									
18/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
29/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
22/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

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







Tabla II. 6 Estación: CL 5

Latitud: S 38° 01' 35"

Longitud: O 67° 52' 44"

Descripción: río Colorado altura Pasarela Medanita – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,014(*)	<0,010	<0,010	0,039	0,038	0,038
	(*) Fenantreno + Antraceno									
2001										
13/02	0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,020	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
24/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
26/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
14/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
30/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
04/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
2002										
19/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,011	<0,005	<0,005
07/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
29/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,018	0,046	<0,020	<0,020
10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
23/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
18/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

Tabla II.6 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2004										
06/07	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005/0,006	<0,010	<0,020	<0,020/0,065	<0,020/0,071
17/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,012	<0,020	<0,020	<0,020
14/09	0,016/0,017	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/108	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/12	0,060/0,028	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,036/<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2005										
18/01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
15/02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
16/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
03/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2006										
09/01/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
20/02/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/03/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
17/04/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/05/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/06/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/07/06	0,018/<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	0,025	<0,020
07/08/06	<0,010/0,035	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,021	<0,020/0,021	<0,020/0,350	<0,020/0,500
11/09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/11/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/12/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

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





Tabla II.1 (continuación)

2010	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
11/01/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/02/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
08/03/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
05/04/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/05/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
07/06/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
05/07/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
02/08/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
06/09/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
04/10/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/11/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
06/12/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2011	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
03/01/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
02/02/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
01/03/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
04/04/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
03/05/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/07/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
02/08/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
06/09/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
04/10/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
25/10/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/12/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

Tabla II.6 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,014	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2001									
13/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
24/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
26/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
14/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
30/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
04/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2002									
19/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,022	0,017
26/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
29/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
10/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
23/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
18/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

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







Tabla II.6 (continuación ) (réplicas)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2003										
29/04 <sup>(1)</sup>	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/06 <sup>(1)</sup>	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/08 <sup>(2)</sup>	0,026/<0,010	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,005/<0,005	<0,010/<0,010	<0,020/<0,010	<0,020/<0,020	<0,020/<0,020
23/09 <sup>(1)</sup>	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
18/11 <sup>(1)</sup>	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020

(1) Cuando los valores de las réplicas son coincidentes se indica un solo valor. <sup>(1)</sup> duplicado -- <sup>(2)</sup> duplicado y triplicado

Tabla II.6 (continuación – réplicas)

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

(1) Cuando los valores de las réplicas son coincidentes se indica un solo valor. <sup>(1)</sup> duplicado -- <sup>(2)</sup> duplicado y triplicado

Tabla II. 7. Estación: CL 6

Latitud: S 38° 12' 55"

Longitud: O 67° 11' 04"

Descripción: descarga embalse Casa de Piedra – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,014(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
	(*) Fenantreno + Antraceno									
2001										
13/02	0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
24/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
26/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
14/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
30/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
04/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
2002										
19/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
29/04	0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
23/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
18/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020



Tabla II.7 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2004										
06/07	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	0,044	0,033
17/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
16/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/12	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2005										
18/01	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/02	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/03	0,016	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
03/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2006										
10/01/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
21/02/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/03/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
18/04/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
09/05/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/06/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/07/06	0,052	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	0,025
08/08/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,030	0,028	0,350	0,500
12/09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
10/10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
14/11/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
12/12/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020





Tabla II.7 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k]fluoranteno	Criseno	Benzo[a]antraceno	Benzo[a]pireno	Dibenzo[a,h]antraceno	Benzo[g,h,i]perileno	Indeno[c,d]pireno
2000									
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2001									
13/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
24/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
26/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
14/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
30/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
04/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2002									
19/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
29/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
10/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
23/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
18/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

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

Tabla II.7 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
2004										
06/07	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
16/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/12	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2005										
18/01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
15/02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
15/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
03/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2006										
10/01/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
21/02/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/03/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
18/04/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/05/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/06/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/07/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/08/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
10/10/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/11/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/12/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005



Tabla II.7. (continuación)

2010	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
12/01/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/02/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/03/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/04/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/05/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/06/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
03/08/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/09/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
05/10/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
16/11/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/12/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2011	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
04/01/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
02/02/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
02/03/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
05/04/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
04/05/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/06/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
05/07/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
02/08/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/09/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
04/10/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
25/10/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/12/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Tabla II. 8. Estación: CL 8

Latitud: S 38° 59' 14"

Longitud: O 64° 05' 32"

Descripción: río Colorado altura La Adela – Margen derecha

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000										
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010(*)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
	(*) Fenantreno + Antraceno									
2001										
14/02	0,030	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
25/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
27/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
16/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
31/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
05/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,050	<0,050	<0,050
2002										
20/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/05	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
27/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003										
30/04	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
11/06	0,012	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
24/09	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
19/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020



Tabla II.8 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2004										
07/07	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
18/08	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/09	0,012	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/10	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
17/11	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/12	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
2005										
19/01	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
16/02	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
16/03	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
13/04	0,030	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/05	0,011	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,020	<0,020	<0,020
15/06	0,014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,011	<0,020	<0,020	<0,020
2006										
11/01/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
22/02/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
15/03/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
19/04/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
10/05/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
14/06/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
11/07/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
08/08/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
12/09/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
10/10/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
14/11/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
12/12/06	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020





Tabla II.8. (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)								
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b+k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
2000									
14/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,150	<0,010
13/03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
15/05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,260	<0,010	<0,010	<0,010
07/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
06/11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2001									
12/02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
23/04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
25/06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
13/08	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
29/10	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
03/12	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2002									
20/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
27/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2003									
30/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
24/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
19/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

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

Tabla II.8 (continuación)

Año	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L)									
	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
2004										
07/07	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
18/08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
15/09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
15/12	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2005										
19/01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
16/02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
16/03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
04/05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
15/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2006										
11/01/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
22/02/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
15/03/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
19/04/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
10/05/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/06/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/07/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/08/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/09/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
10/10/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
14/11/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
12/12/06	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

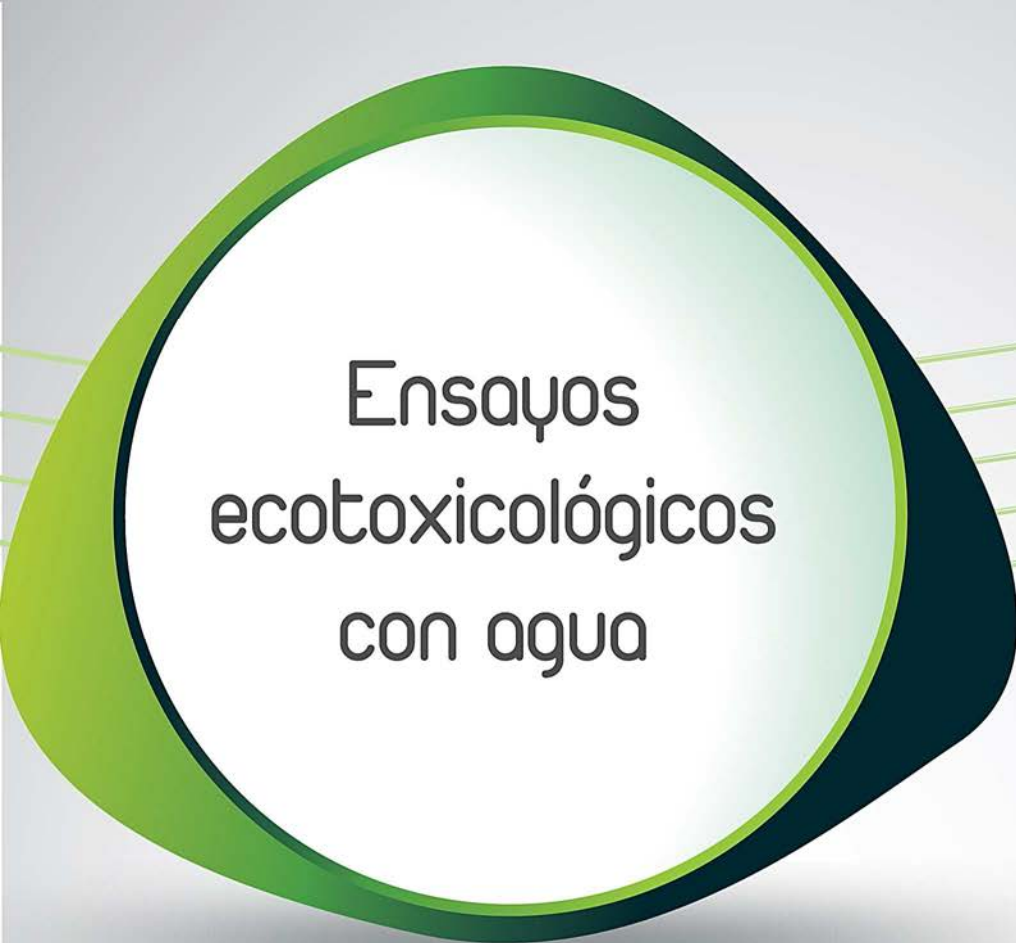


Tabla II.8. (continuación)

2010	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
13/01/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/02/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
16/03/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/04/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
11/05/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/06/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/07/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
03/08/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
08/09/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
05/10/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
17/11/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/12/10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2011	Fluoranteno	Pireno	Benzo[b] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
04/01/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
02/02/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
02/03/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/04/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
04/05/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
09/06/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
06/07/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
03/08/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
07/09/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
05/10/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
26/10/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
13/12/11	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005







Ensayos  
ecotoxicológicos  
con agua

Anexo III



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

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

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

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

Tabla III.1 (continuación)

Estación	2005			2006			2007		
	Fecha	S	(-)	Fecha	S	R	Fecha	S	R
CL 3 (Desfiladero Bayo)	14-03-05	(-)	(-)	09/07/06	(-)	(-)	03/09/07	(-)	(-)
CL 4 (Punto Unido)	15-03-05	(+)	(-)	09/07/06	(-)	(-)	-	(-)	(-)

Estación	2008			2009			2010		
	Fecha	S	R	Fecha	S	R	Fecha	S	R
CL 3 (Desfiladero Bayo)	09-08-08	(-)	(-)	29-09-09	(-)	(-)	07/10/10	(-)	(-)
CL 4 (Punto Unido)	09-08-08	(-)	(-)	29-09-09	(-)	(-)	07/10/10	(-)	(-)

Estación	2011		
	Fecha	S	R
CL 3 (Desfiladero Bayo)	09/09/11	(-)	(-)
CL 4 (Punto Unido)	09/09/11	(-)	(-)



Metales  
y metaloides  
en sedimentos  
de fondo

Anexo IV



Tabla IV.1. Metales/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández (años 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011)

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Año							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Arsénico	5,2	7,0	5,3	6,3	5,4	5,0	17	8,6
Bario	405	333	266	463	399	322	780	489
Boro	10	30	50	77	21	24	71	32
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	78	49	61	84	48	44	202	36
Cobre	29	13	21	39	16	22	117	24
Cromo	26	23	18	19	12	9,0	42	21
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,08
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	19	16	15	29	19	17	59	22
Plata	<1	80	5	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	8,6	8,0	8,4	8,0	7,5	8,5	29	13
Selenio	0,6	0,6	0,4	<0,2	<0,2	0,4	0,7	<0,2
Vanadio	110	98	87	151	169		084	168

Tabla IV.2 Metales/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra (años 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007)

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Año						
	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Arsénico	2,6	7,6	12	5,7	6,0	5,0	9,5
Bario	120	223	247	146	279	157	334
Boro	9,7	33	38	8,5	58	54	72
Cadmio	1,2	1,5	2,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	28	73	89	56	105	54	91
Cobre	17	37	53	22	44	25	44
Cromo	6	25	35	23	38	15	21
Mercurio	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	6,7	24	25	16	20	10	29
Plata	<1	<1	<1	<1	24	6	<1
Plomo	4,8	13	11	3,2	20	10	13
Selenio	<1	1,1	1,3	0,7	0,7	0,6	<0,2
Vanadio	41	89	104	56	191	67	160

Tabla IV.3 Metales/metaloideos ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimento de fondo extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra (años 2008, 2009, 2010 y 2011)

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Año			
	2008	2009	2010	2011
Arsénico	5,9	7,5	6,8	9,3
Bario	304	260	292	256
Boro	23	26	55	52
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	51	69	91	46
Cobre	17	42	44	40
Cromo	11	11	21	22
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,08
Molibdeno	<1	<1	<1	<1
Níquel	19	23	27	26
Plata	<1	<1	<1	<1
Plomo	9,1	14	13	16
Selenio	0,3	0,5	1,0	<0,2
Vanadio	122	131	227	154

Tabla IV.4 Metales/metaloideos ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (años 2000, 2002, 2003, 2004, 2005 y 2006)

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Año					
	2000	2002	2003	2004	2005	2006
Arsénico	4,6	9,6	4,8	4,3	2,0	17
Bario	140	247	87	104	409	565
Boro	18	34	8,3	18	75	145
Cadmio	1,8	1,9	0,9	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	40	92	29	44	112	181
Cobre	26	48	20	18	42	85
Cromo	8,5	25	12	13	15	50
Mercurio	0,15	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	8,6	32	10	13	5,5	40
Plata	<1	<1	<1	<1	102	5
Plomo	8,2	19	4,0	1,2	23	26
Selenio	<1	1,4	0,6	0,8	0,6	2,0
Vanadio	49	146	53	95	252	225



Tabla IV.5 Metales/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2007)

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2007								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Arsénico	2,0	3,7	6,4	4,3	3,8	3,9	4,6	4,4	4,9
Bario	68	102	153	171	87	115	204	139	269
Boro	24	42	46	49	34	34	66	36	45
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	40	35	36	57	36	32	65	34	46
Cobre	15	21	17	26	19	18	31	21	15
Cromo	5,5	7,8	9,8	14	7,3	7,8	18	8,5	13
Mercurio	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	8,1	13	14	18	12	12	22	13	17
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	1,3	5,6	3,2	4,7	2,9	2,2	1,8	1,8	2,6
Selenio	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Vanadio	44	63	110	152	59	66	186	75	123

Tabla IV.6 Metales/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2008)

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2008								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Arsénico	12	11	11	3,9	12	11	4,4	11	11
Bario	219	222	213	128	228	222	144	222	232
Boro	78	88	88	15	78	77	18	77	82
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	15	10	35	29	32	17	33	17	8,0
Cobre	36	34	34	10	34	35	11	35	33
Cromo	15	15	15	8,7	15	15	9,5	15	15
Mercurio	<0,2	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	27	27	26	13	27	27	13	27	26
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	9,5	11	12	3,9	13	9,8	3,9	9,8	11
Selenio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,2
Vanadio	221	224	216	158	218	219	174	219	222

Tabla IV.7 Metales/metaloideos ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2009)

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2009								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Arsénico	8,5	7,7	8,1	6,6	10	7,6	3,9	8,5	9,0
Bario	163	185	161	173	187	171	113	205	197
Boro	66	70	68	20	74	61	21	69	59
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	67	53	53	45	55	51	35	58	53
Cobre	36	38	44	20	36	34	12	36	35
Cromo	7,5	8,4	7,7	5,4	7,8	7,1	6,1	10	9,7
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	17	18	18	11	17	17	9,1	17	18
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	8,0	8,0	8,1	6,9	8,5	8,2	3,9	8,2	9,0
Selenio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,3	1,6	<0,2	0,5	0,6
Vanadio	209	224	232	166	231	226	181	240	229

Tabla IV.8 Metales/metaloideos ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2010)

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2010								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Arsénico	7,2	5,1	2,7	4,7	4,8	4,0	3,6	7,5	1,3
Bario	240	248	211	218	238	190	184	291	204
Boro	25	23	65	25	20	65	78	55	26
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	117	109	130	40	38	24	5,0	55	2,7
Cobre	44	39	36	41	36	34	29	43	30
Cromo	22	22	22	21	20	17	17	22	18
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	26	25	23	26	25	22	22	29	21
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	9,0	9,6	6,0	9,3	7,8	6,9	43	13	3,8
Selenio	04	03	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	07	04	<0,2
Vanadio	155	165	201	165	190	234	209	222	144

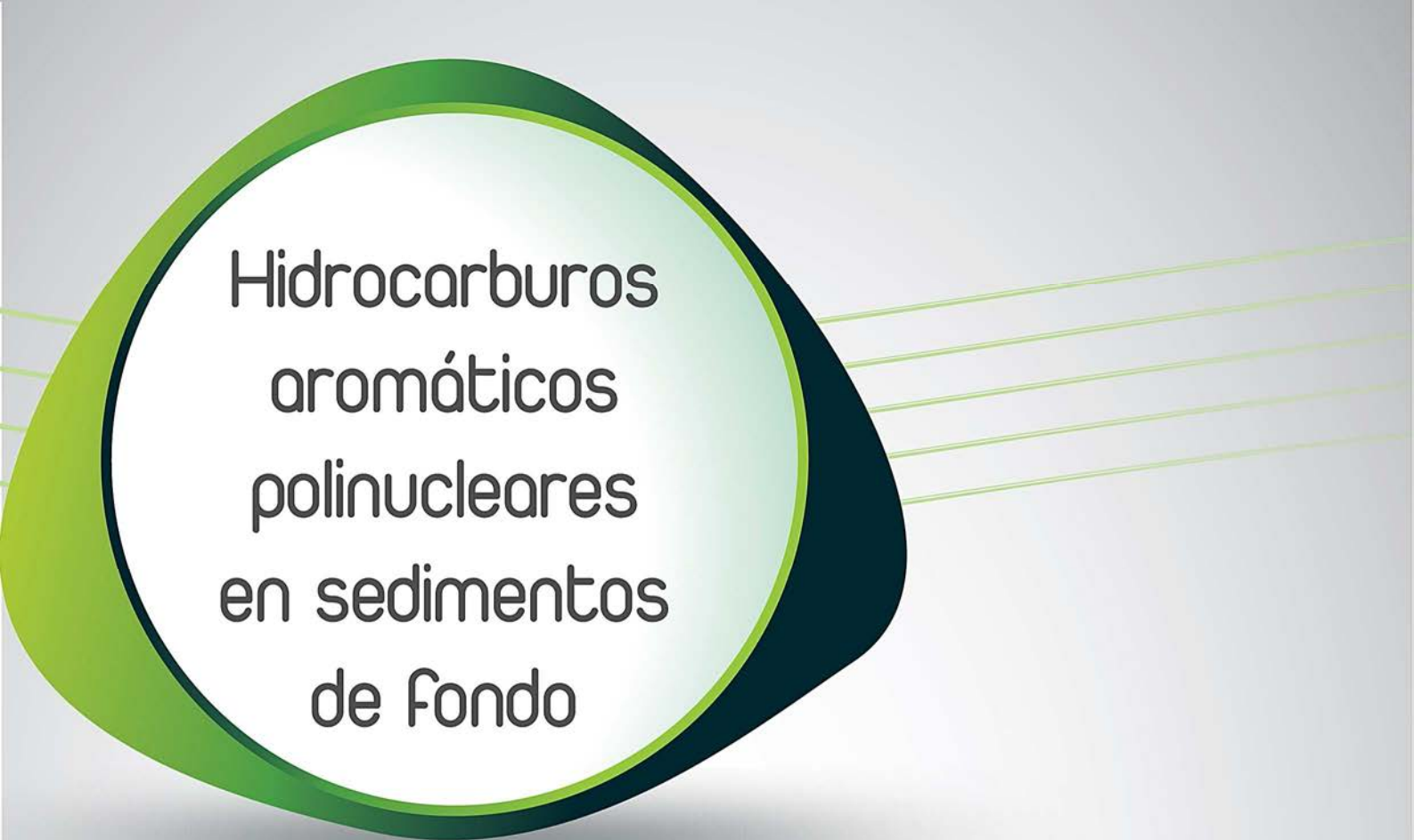
Tabla IV.9 Metales/metaloideos ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2010)

Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2011								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Arsénico	8,0	9,1	71	7,9	9,0	7,3	9,3	6,6	7,0
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cinc	33	2,8	23	29	4,1	14	13	22	15
Cobre	44	43	39	45	51	46	48	23	28
Cromo	23	22	21	23	25	23	22	23	20
Plomo	23	14	11	14	22	14	34	18	8,4
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Níquel	21	21	21	21	24	21	21	18	17
Boro	79	79	66	99	90	58	93	33	44
Vanadio	196	193	192	201	219	188	197	234	157
Molibdeno	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Selenio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Mercurio	<0,08	<0,08	<0,08	<0,8	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Bario	225	226	224	239	245	217	225	371	205

Tabla IV. 10 - Metales/metaloideos ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo del embalse Casa de Piedra a la altura de Gobernador Duval (años 2002 y 2003)

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





Hidrocarburos  
aromáticos  
polinucleares  
en sedimentos  
de fondo

Anexo V



Tabla V.1 HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández (años 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011)

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	Año							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Naftaleno	<LC	0,011	<LC	<LC	<LC	4,1	36,9	0,0149
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	ND
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	ND
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	ND
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10,9	76,9	ND
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0079
Metil naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	ND
Dimetil naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	11,8	20,3	ND
Metil fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	13,2	<LC	ND
Dimetil fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC(5,7)	6,2	ND
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC(0,0008)	<LC	<LC	ND
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC(1,8)	<LC	0,0085
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC(1,0)	<LC(1,3)	ND
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	ND
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	3,2	<LC	ND
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	4,5	5,8	ND
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2,1	ND
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	ND
Benzo[ghi]Perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	ND
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	ND

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

Tabla V. 2. HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra (años 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007)

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	Año						
	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Naftaleno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	0,040	<LC	<LC
Acenafteno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
<Fluoreno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<0,010	0,010	0,023	0,017	0,047	<LC	<LC
Antraceno	<0,010	<0,010	<0,010	0,017	0,047	<LC	<LC
Metil naftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	<LC	0,025	<LC	<LC
Dimetil naftaleno	<0,030	<0,030	<0,030	0,055	0,059	<LC	<LC
Metil fenantreno	<0,030	<0,030	0,071	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil fenantreno	<0,010	<0,010	0,067	<LC	0,054	0,030	<LC
Fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Pireno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<0,010	0,010	0,019	<LC	0,012	0,018	<LC
Benzo[a]antraceno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]Perileno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC	<LC

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



Tabla V. 3. HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la cola del embalse Casa de Piedra (años 2008, 2009, 2010 y 2011)

HAP	Año			
	2008	2009	2010	2011
Naftaleno	<LC	7,6	37,7	0,0054
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	ND
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	ND
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	ND
Fenantreno	<LC	28,7	45,9	ND
Antraceno	<LC	<LC	<LC	0,0084
Metil naftaleno	<LC	<LC	<LC	ND
Dimetil naftaleno	<LC	<LC(5,7)	13,7	ND
Metil fenantreno	<LC	43,5	<LC	ND
Dimetil fenantreno	<LC	20,8	<LC(4,6)	ND
Fluoranteno	0,007	<LC(1,9)	<LC	ND
Pireno	0,018	6,2	<LC	ND
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC(1,8)	<LC(0,5)	ND
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	ND
Criseno	0,0063	9,8	<LC	ND
Benzo[a]antraceno	<LC	10,8	<LC(1,5)	ND
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC(1,2)	ND
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	ND
Benzo[ghi]Perileno	<LC	<LC	<LC	ND
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	ND

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

Tabla V.4 HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (años 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, y 2006)

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	Año					
	2000	2002	2003	2004	2005	2006
Naftaleno	0,043	<0,010	<0,010	<LC	0,029	<LC
Acenafteno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	0,036	<LC
Fenantreno	<0,010	0,010	<0,010	<LC	0,159	<LC
Antraceno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	0,159	<LC
Metil naftaleno	<0,020	<0,020	<0,020	<LC	<LC	<LC
Dimetil naftaleno	<0,030	0,090	0,064	<LC	0,154	0,035
Metil fenantreno	<0,030	<0,030	<0,030	<LC	<LC	<LC
Dimetil fenantreno	<0,030	<0,030	<0,030	<LC	0,230	<LC
Fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,014	<LC	<LC	<LC
Pireno	<0,010	<0,010	0,012	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC
Criseno	<0,010	0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]Perileno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<0,010	<0,010	<0,010	<LC	<LC	<LC

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

Tabla V.5 HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2007)

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2007								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno	<LC	<LC	<LC	0,010.0	0,0176	0,0106	<LC	0,0101	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,056	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil naftaleno	0,0588	<LC	<LC	<LC	0,070	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0325	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0315	<LC	<LC	<LC
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]Perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC

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

Tabla V.6 HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2008)

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2008								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno	<LC	<LC	<LC	0,010.0	0,0176	0,0106	<LC	0,0101	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,056	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil naftaleno	0,009	0,0083	0,0094	0,0031	0,0075	0,0091	0,0027	0,0049	0,0062
Dimetil naftaleno	0,0433	0,0461	0,0398	0,0094	0,0381	0,0394	0,0122	0,0025	0,0318
Metil fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,0325	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	0,0008	0,0014	0,0017	<LC	0,001	0,0019	0,008	0,006	0,005
Pireno	0,0007	0,0024	0,0016	<LC	0,0012	0,002	0,008	0,0011	0,001
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]Perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC

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

Tabla V.7 HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2009)

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2009								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno	<LC	14,7	<LC(1,9)	<LC(0,4)	15,2	<LC(1,2)	13,1	<LC	<LC
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	62,9	<LC	<LC
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil naftaleno	25,7	34,1	15,4	<LC	14,7	8,5	<LC	<LC	<LC
Dimetil naftaleno	131,7	170,8	79,2	<LC(4,6)	62,2	37,7	<LC	51,8	<LC(5,9)
Metil fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	3,7	5,5	11,6
Pireno	<LC(1,8)	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	7,8	4,5	9,9
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]Perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC

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

Tabla V.8 HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2010)

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2010								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno	<LC	<LC	15,8	19,6	15,4	19,8	12,5	7,9	6,2
Acenafteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Acenaftileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fluoreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Fenantreno	<LC	<LC	4,7	<LC	5,9	6,9	6,7	8,7	4,2
Antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Metil naftaleno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil naftaleno	<LC(5,2)	9,1	36,1	12,0	31,6	25,4	6,9	24,1	6,9
Metil fenantreno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dimetil fenantreno	<LC(1,3)	<LC(1,7)	17,6	9,3	15,4	12,4	14,0	10,2	12,8
Fluoranteno	<LC	<LC	<LC(0,5)	<LC	<LC(0,6)	<LC(0,5)	<LC(0,7)	<LC(0,5)	<LC(0,6)
Pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[b]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[k]fluoranteno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Criseno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[a]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Dibenzo[a,h]antraceno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Benzo[ghi]Perileno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC

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

Tabla V.9 HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en la toma del embalse Casa de Piedra (año 2011)

HAPs ( $\mu\text{g/g}$ )	Año 2011								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno	0,0076	<LC	0,0046	0,0030	0,0025	0,0058	<LC	0,0062	0,0043
Acenafteno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,0030	ND	ND
Acenaftileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoreno	ND	ND	ND	ND	<LC	ND	ND	ND	ND
Fenantreno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Antraceno	ND	ND	ND	0,0170	0,0190	0,0266	0,007	0,0220	0,0219
Metil naftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dimetil naftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metil fenantreno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dimetil fenantreno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoranteno	0,0184	ND	<LC)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pireno	0,0036	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[b]fluoranteno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[k]fluoranteno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Criseno	0,0025	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[a]antraceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[a]pireno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dibenzo[a,h]antraceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo[ghi]Perileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Indeno[1,2,3-cd]pireno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

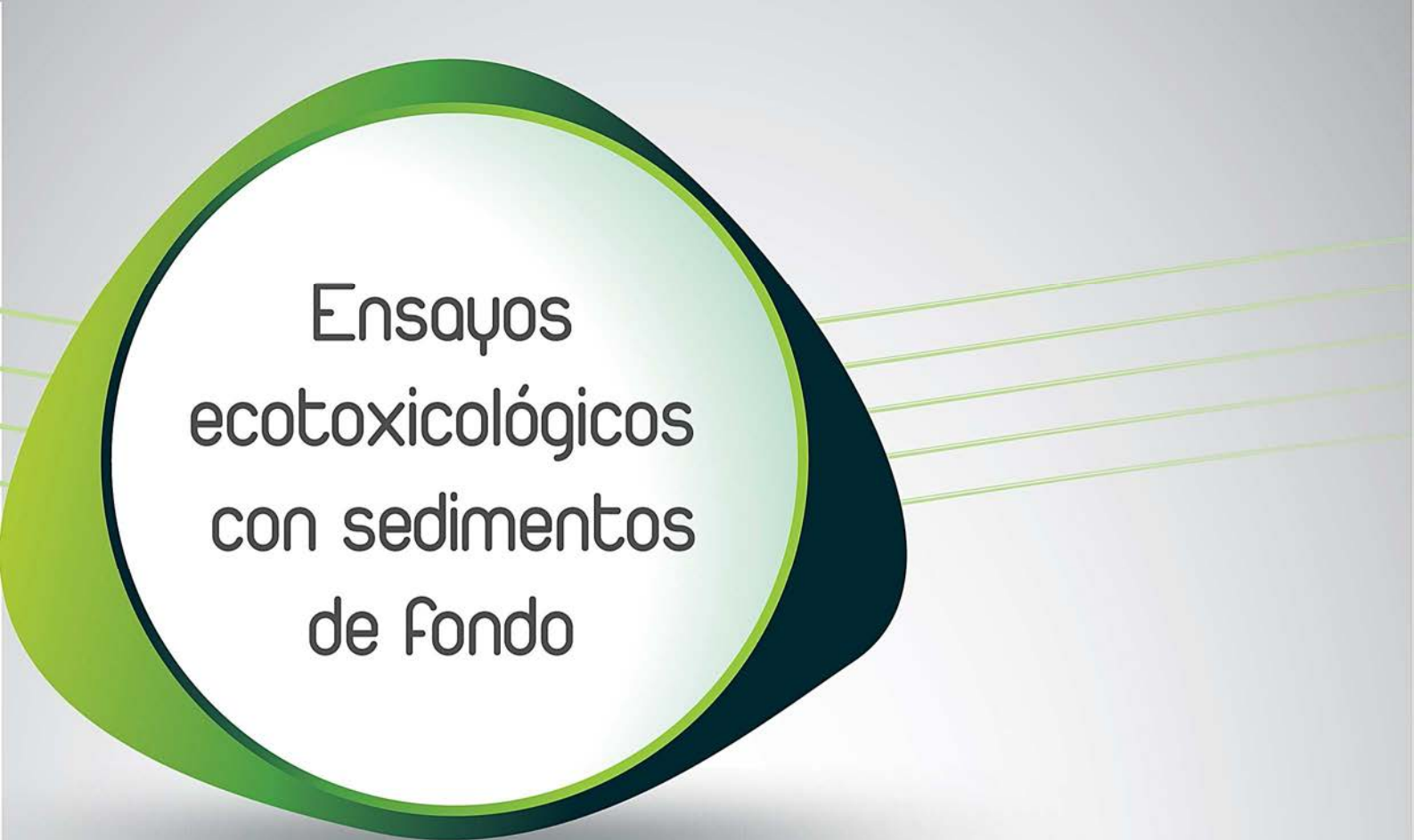
Límites de cuantificación del método: 0,010  $\mu\text{g/g}$ , a excepción de metilnaftalenos (0,020  $\mu\text{g/g}$ ) y dimetilnaftalenos, metilfenantrenos y dimetilfenantrenos (0,030  $\mu\text{g/g}$ )

Tabla V.10 HAPs ( $\mu\text{g/g}$ , peso seco) en los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo del embalse Casa de Piedra a la altura de Gobernador Duval (años 2002 y 2003)

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

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





Ensayos  
ecotoxicológicos  
con sedimentos  
de fondo

Anexo VI



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

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

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

Tabla VI.2 Ensayos de ecotoxicidad crónica con muestras de sedimentos de fondo extraídas en el embalse Casa de Piedra en los años 2005 y 2006, empleando *Hyalella curvispina* como organismo de prueba.

Estación	2005			2006		
	Fecha	M	L	Fecha	M	L
Toma embalse Casa de Piedra (Fracción no aireada)	03-05	(-)	(-)	17/07	(-)	(-)
Toma embalse Casa de Piedra (Fracción aireada)			(-)	-	-	-
Cola embalse Casa de Piedra	-	-	-	17/07	(-)	(-)
Río Colorado (aguas abajo Puesto Hernández)	-	-	-	11/07	(-)	(-)

Tabla VI. 3 Ensayos de ecotoxicidad crónica con muestras de sedimentos de fondo extraídas en el embalse Casa de Piedra en los años 2007 y 2008, empleando *Hyaella curvispina* como organismo de prueba.

Estación	Año								
	Fecha	M	L	Fecha	M	L	Fecha	M	L
Toma embalse Casa de Piedra (1a)	24/05	(-)	(-)	09/08	(-)	(-)	17/09	(-)	(-)
Toma embalse Casa de Piedra (2c)	"	(-)	(-)	-	(-)	(-)	"	(-)	(-)
Toma embalse Casa de Piedra (3a)	"	(+)	(-)	-	(-)	(-)	"	(-)	(-)
Cola embalse Casa de Piedra	"	(-)	(-)	-	(-)	(-)	"	(-)	(-)
Río Colorado (aguas abajo Puesto Hernández)	22/05	(-)	(-)	-	(-)	(-)	18/09	(-)	(-)

Tabla VI. 4 Ensayos de ecotoxicidad crónica con muestras de sedimentos de fondo extraídas en el embalse Casa de Piedra en el año 2009, empleando *Hyaella curvispina* como organismo de prueba.

Estación	2010			2011		
	Fecha	M	L	Fecha	M	L
Toma embalse Casa de Piedra (1a)	14/10	(-)*	(-)*	22/09	(-)	(-)
Toma embalse Casa de Piedra (2c)		(-)	(-)*		(-)	(-)
Toma embalse Casa de Piedra (3a)		(-)*	(-)		(-)	(-)
Cola embalse Casa de Piedra		(-)	(-)		(-)	(-)
Río Colorado (aguas abajo Puesto Hernández)	17/10	(-)	(-)		(-)	(-)

Tabla VI. 5 Ensayos de ecotoxicidad crónica con muestras de sedimentos de fondo extraídas en diferentes sitios del río Colorado y del embalse Casa de Piedra empleando *Vallisneria spiralis* como organismo de prueba.

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

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

Tabla VI. 5 (continuación)

Estación	2005		
	Fecha	HN	Cl a
Toma embalse Casa de Piedra	03-05	(-)	(-)
Cola embalse Casa de Piedra	03-05	(-)	(-)

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

Tabla VI.5 (continuación)

Estación	2006		
	Fecha	H N	Cl a
Río Colorado, aguas abajo Puesto Hernández	07/06	(-)	(-)
Cola embalse Casa de Piedra	07/06	(-)	(-)
Toma embalse Casa de Piedra	"	(-)	(-)

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

Tabla VI. 5 (continuación)

Estación	2007		
	Fecha	HN	Cl a
Puesto Hernández	22/05/07	(-)	(-)
Cola embalse	24/05/07	(+)	(+)
Toma embalse (1a)	"	(-)	(-)
Toma embalse (2a)	"	(-)	(-)

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

Tabla VI. 5 (continuación)

Estación	2008			2009		
	Fecha	HN	Cl a	Fecha	HN	Cl a
Puesto Hernández	09/08	(-)	(-)	17/09	(-)	(-)
Cola embalse	-	(-)	(-)	-	(-)	(-)
Toma embalse (1a)	-	(+)	(-)	-	(-)	(-)
Toma embalse (2a)	-	(-)	(-)	-18/09	(-)	(-)
Toma embalse (3a)	-	(-)	(-)		(-)	(-)

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

Tabla VI. 5 (continuación)

Estación	2010			2011		
	Fecha	HN	Cl a	Fecha	HN	Cl a
Puesto Hernández	17/10	(-)	(-)	22/09	(-)	(-)
Cola embalse	-	(-)	(-)		(-)	(-)
Toma embalse (1a)	-	(-)	(-)		(-)	(-)
Toma embalse (2a)	-	(-)	(-)		(-)	(-)
Toma embalse (3a)	-	(-)	(-)		(-)	(-)

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







Metales  
y metaloides  
en músculo  
de peces

Anexo VII



Tabla VII.1 Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) en músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (Desfiladero Bayo) (Años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2011)

Año/Especie	n	Metal/metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo)													
		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
2000															
Perca bocona	2	<0,2	<0,2	<0,10	<0,10	5,7	<0,5	<0,5	3,6	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,1
Perquita espinuda	7	<0,2	<0,1	<0,10	<0,10	5,1	<0,5	<0,5	3,5	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,8
Bagre otuno	1	<0,2	0,11	0,20	0,11	7,2	<0,5	<0,5	5,4	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	2,7
2001															
Perquita espinuda	15	<0,2	<0,2	0,19	<0,10	9,1	<0,3	<0,2	9,9	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	10	0,9
Perca bocona	1	<0,2	<0,2	1,00	<0,10	16,0	<0,3	<0,2	20	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	0,3	1,1
2002															
Perquita espinuda	6	0,2	0,3	0,90	<0,10	12,4	2,1	4,0	6,3	<0,05	<0,2	1,8	<0,3	<0,15	<0,4
2003															
Perquita espinuda	22	<0,2	<0,2	<0,20	<0,10	4,2	1,1	<0,2	46	<0,05	<0,2	1,1	<0,3	<0,15	<0,4
Pejerrey bonaerense	9	<0,2	<0,2	<0,20	<0,10	7,5	0,6	0,6	14	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Bagre otuno	2	<0,2	<0,2	0,30	<0,10	4,8	1,2	0,6	36	<0,05	<0,2	0,8	<0,3	<0,15	<0,4

Tabla VII.1 (continuación)

Año/Especie	n	Metal/metaloide ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo)													
		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
2004															
Perquita espinuda	4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	19 $\pm$ 2	0,5 $\pm$ 0,1	<0,2	119 $\pm$ 10	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Pejerrey bonaerense	4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	21 $\pm$ 2	2,1 $\pm$ 0,3	<0,2	80 $\pm$ 9	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	34 $\pm$ 4	<0,4
Bagre otuno	1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	18 $\pm$ 2	2,6 $\pm$ 0,4	<0,2	211 $\pm$ 16	<0,05	<0,2	1,1 $\pm$ 0,1	<0,3	<0,15	<0,4
2005															
Perquita espinuda	22	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	7,4 $\pm$ 1,1	0,5 $\pm$ 0,1	<0,2	25 $\pm$ 6	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Bagre de torrentes	2	0,2	0,2	0,2	0,1	15 $\pm$ 2	0,5 $\pm$ 0,1	<0,2	16 $\pm$ 5	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Bagre otuno	2	<0,2	<0,2	7,5 $\pm$ 0,5	<0,1	8,8 $\pm$ 1,3	0,6 $\pm$ 0,1	<0,2	377 $\pm$ 26	<0,05	<0,2	1,1 $\pm$ 0,1	<0,3	1,1 $\pm$ 0,2	<0,4
Perca bocona	1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	6,9 $\pm$ 1,1	0,8 $\pm$ 0,1	<0,2	7,9 $\pm$ 1,4	0,22 $\pm$ 0,02	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
2006															
Perquita Espinuda	18	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	4,5 $\pm$ 0,6	0,3 $\pm$ 0,1	<0,2	1,8 $\pm$ 0,3	<0,5	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Pegerrey Bonaerense	4	<0,2	<0,2	1,5 $\pm$ 0,2	<0,1	13 $\pm$ 2	0,3 $\pm$ 0,1	<0,2	12 $\pm$ 4	<0,5	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
2007															
Perquita Espinuda	15	<0,2	<0,2	1,1 $\pm$ 0,2	<0,1	9,0 $\pm$ 1,3	1,8 $\pm$ 0,2	<0,2	17 $\pm$ 5	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Pejerrey Bonaerense	3	<0,5	<0,2	1,2 $\pm$ 0,2	<0,1	14 $\pm$ 2	0,6 $\pm$ 0,2	<0,2	16 $\pm$ 5	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4

Tabla VII.1 (continuación)

2008	n	Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
Perquita Espinuda		<0,2	<0,2	<1	<0,1	2,3±0,3	<0,2	<0,2	14±3	0,10±0,02	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Pejerrey Bonaerense		<0,2	<0,2	<1	<0,1	2,6±0,3	<0,2	<0,2	6,7±1,2	0,88±0,09	<0,2	<0,2	<0,3		
2009		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
Perquita Espinuda		<0,2	<0,2	<1	<0,1	11±1	<0,2	<0,2	10±2	<0,04	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	0,5±0,1
Pejerrey Bonaerense		<0,2	<0,2	<1	<0,1	7,0±0,6	<0,2	<0,2	8,2±1,4	<0,04	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Bagre Otuno		<0,2	<0,2	<1	<0,1	11±1	<0,2	<0,2	7,0±1,1	0,05±0,01	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	0,6±0,1
2011		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
Perquita Espinuda	6	<0,2	0,4±0,1	<1	<0,1	11±1	0,9±0,1	<0,2	11±2	0,18±0,03	<2	<2	<3	51±4	0,9±0,1
Bagre de torrentes	1	<0,2	<0,2	<1	<0,1	7,0±0,6	<0,2	<0,2	9,0±1,7	<0,04	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,2
Bagre Otuno	2	<0,2	<0,2	<1	<0,1	11±1	1,8±0,2	<0,2	5,0±1,0	0,08±0,01	<0,2	4,0±0,3	<0,3	<0,15	1,0±0,1
Madrecita de agua	24	<0,2	<0,2	<1	<0,1	7,0±0,6	<0,2	<0,2	9,0±1,7	<0,04	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,2

Tabla VII. 2. Metales y metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) en músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el embalse Casa de Piedra (cola)  
(Años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2011)

Año/Especie	n	Metal/metaloides ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo)													
		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
2000															
Pejerrey bonaerense	23	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	4,7	<0,5	<0,5	1,0	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,0
Carpa	22	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	4,4	<0,5	<0,5	5,4	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,9
Perca bocona	7	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	3,1	<0,5	<0,5	4,8	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	4,4
Trucha arco iris	1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	3,3	<0,5	<0,5	3,1	<0,2	<0,5	<0,5	<0,8	0,15	2,7
2001															
Pejerrey bonaerense	20	<0,2	<0,2	0,11	<0,1	5,6	<0,3	<0,2	11	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	0,5
Carpa	1	<0,2	<0,2	<0,10	<0,1	6,2	<0,3	<0,2	9,3	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	0,8	0,5
2002															
Pejerrey bonaerense	22	<0,2	<0,2	0,7	<0,1	12,0	2,1	<0,2	18	<0,05	<0,2	2,0	<0,3	<0,15	0,7
Carpa	7	<0,2	<0,2	0,5	<0,1	12,7	1,8	0,7	48	<0,05	<0,2	1,9	<0,3	<0,15	1,0
Perca bocona	1	<0,2	<0,2	0,7	<0,1	2,6	1,7	<0,2	4,0	<0,05	<0,2	1,9	<0,3	<0,15	<0,4
2003															
Pejerrey bonaerense	20	<0,2	<0,2	0,2	<0,1	13,0	1,7	0,7	9,0	<0,05	<0,2	0,6	<0,3	<0,15	<0,4
Carpa	2	<0,2	<0,2	0,3	<0,1	6,6	1,3	0,5	45	0,38	<0,2	0,6	<0,3	<0,15	<0,4

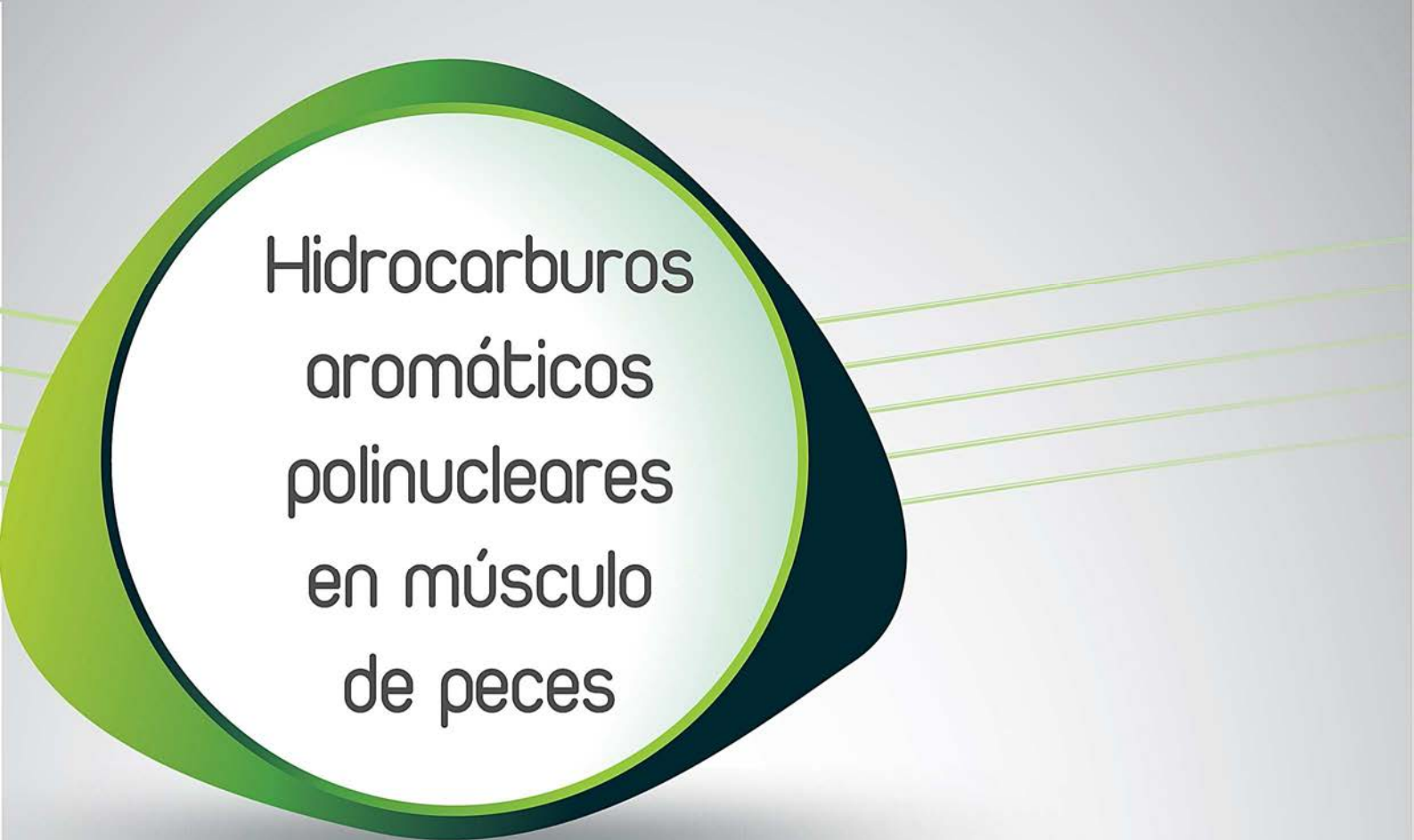
Tabla VII.2 (continuación)

Año/Especie	n	Metal/metaloide (µg/g, peso húmedo)													
		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
2004															
Pejerrey bonaerense	23	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	11±2	0,7±0,1	<0,2	56±6	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Carpa	9	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	8,7±1,1	4,2±1,1	<0,2	72±8	0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Trucha arco iris	2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	30±2	3,3±0,8	<0,2	179±14	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
2005															
Pejerrey bonaerense	20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	8,0±1,2	0,5±0,1	<0,2	5,7±1,2	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Carpa	20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	7,1±1,1	3,3±0,8	<0,2	7,1±1,3	0,32±0,03	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Perca bocona	1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	8,6±1,3	0,8±0,1	<0,2	4,1±0,9	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
2006															
Pejerrey bonaerense	20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	7,2±1,1	0,4±0,1	<0,2	33±11	0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	0,4
2007															
Pejerrey bonaerense	20	<0,2	<0,2	1,3±0,2	<0,1	11±1,6	1,6±0,2	<0,2	22±7	<0,05	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4

Tabla VII.2 (continuación)

2008	n	Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
Pejerrey bonaerense		<0,2	<0,2	<1	<0,1	7,2±0,6	<0,2	<0,2	2,0±0,4	0,17±0,03	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Carpa		<0,2	<0,2	<1	<0,1	5,3±0,5	<0,2	<0,2	4,2±0,7	0,09±0,02	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
Trucha marron		<0,2	<0,2	<1	<0,1	6,9±0,6	1,7±0,2	<0,2	4,0±0,7	0,15±0,03	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	<0,4
2009		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
Pejerrey Bonaerense		<0,2	<0,2	<1	<0,1	5,0±0,5	<0,2	<0,2	1,2±0,2	<0,04	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	0,6±0,1
Carpa		<0,2	<0,2	<1	<,1	7,0±0,6	<0,2	<0,2	13±2	<0,04	<0,2	<0,2	<0,3	<0,15	0,5±0,1
2011		Antimonio	Arsénico	Bario	Cadmio	Cinc	Cobre	Cromo	Hierro	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plata	Plomo	Selenio
Pejerrey bonaerense	15	<0,2	<0,2	<1	<0,1	5,0±0,5	<0,2	<0,2	1,3±0,1	<0,04	<0,2	0,6±0,1	<0,3	<0,15	0,6±0,1
Carpa	20	<0,2	<0,2	<1	<0,1	7,0±0,6	3,7±0,4	<0,2	11±2	0,11±0,02	<0,2	2,6±0,3	<0,3	3,0±0,2	0,7±0,1





Hidrocarburos  
aromáticos  
polinucleares  
en músculo  
de peces

Anexo VIII



Tabla VIII.1. HAPs en músculo dorsal de diferentes especies de peces ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) capturadas en el río Colorado (Desfiladero Bayo) (Años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011)

Año/Especie	n	Hidrocarburos aromáticos polinucleares ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo)									
		Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2000											
Perca bocona	2	0,017	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,0400	<0,04000	<0,040
Perquita espinuda	7	0,344	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0475	0,0206	0,0659	0,0902	<0,040
Bagre otuno	1	0,344	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0475	0,0206	0,0659	0,0902	<0,040
2001											
Perquita espinuda	15	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
Perca bocona	1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,040	<0,040	<0,040
2002											
Perquita espinuda	6	0,0181	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,022	0,023	<0,040	<0,040	<0,040
Pejerrey bonaerense	22	0,241	<0,010	<0,010	<0,010	0,027	<0,010	0,030	<0,040	<0,040	<0,040
2003											
Perquita espinuda	22	0,239	<0,010	0,013	0,017	0,122	0,013	0,049	0,059	0,083	<0,040
Pejerrey bonaerense	9	0,500	<0,010	<0,010	0,019	0,112	<0,010	0,102	0,094	0,077	<0,040
Bagre otuno	2	0,203	<0,010	<0,010	0,026	0,195	0,013	0,052	0,083	0,137	0,060



Tabla VIII.1 (continuación)

Año/Especie	n	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/g, peso húmedo)									
		Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2008											
Pejerrey bonaerense	13	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0018	<0,003	0,0014	0,006	0,006	<0,006
Perquita espinuda	19	<0,003	<0,003	<0,003	0,0014	<0,003	<0,003	<0,006	0,006	0,0012	<0,006
2009											
Perquita espinuda	10	26,9	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	9,4	<LN	<LC
Pejerrey bonaerense	5	54,6	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	7,3	7,7	<LC	<LC
Bagre otuno	10	51,1	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	8,5	7,9	<LC	<LC
2010											
Perquita espinuda	16	<LC	ND	ND	ND	ND	ND	<LC	ND	ND	ND
Pejerrey bonaerense	13	0,0424	ND	ND	ND	ND	ND	<LC	ND	ND	ND
2011											
Perquita espinuda	6	0,0165	ND	ND	0,0073	ND	0,0108	ND	ND	ND	ND
Bagre de torrente	1	0,0532	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bagre otuno	2	0,0513	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Madrecita de agua	24	0,0085	ND	ND	0,0136	0,0515	ND	ND	ND	ND	ND



Tabla VIII.1 (continuación)

Año/Especie	n	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/g, peso húmedo)									
		Fluoranteno	Pireno	Benzo[b] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
2004											
Perquita espinuda	4	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pejerrey bonaerense	4	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Bagre otuno	1	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
2005											
Perquita espinuda	22	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Bagre de torrentes	2	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Bagre otuno	2	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Perca bocona	1	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
2006											
Perquita espinuda	18	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pejerrey bonaerense	4	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
2007											
Perquita espinuda	15	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Pejerrey bonaerense	3	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC





Tabla VIII.2. HAPs en músculo dorsal de diferentes especies de peces ( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) capturadas en el embalse Casa de Piedra (cola) (Años 2000, 2001, 2002 y 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011)

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



Tabla VIII.2 (continuación)

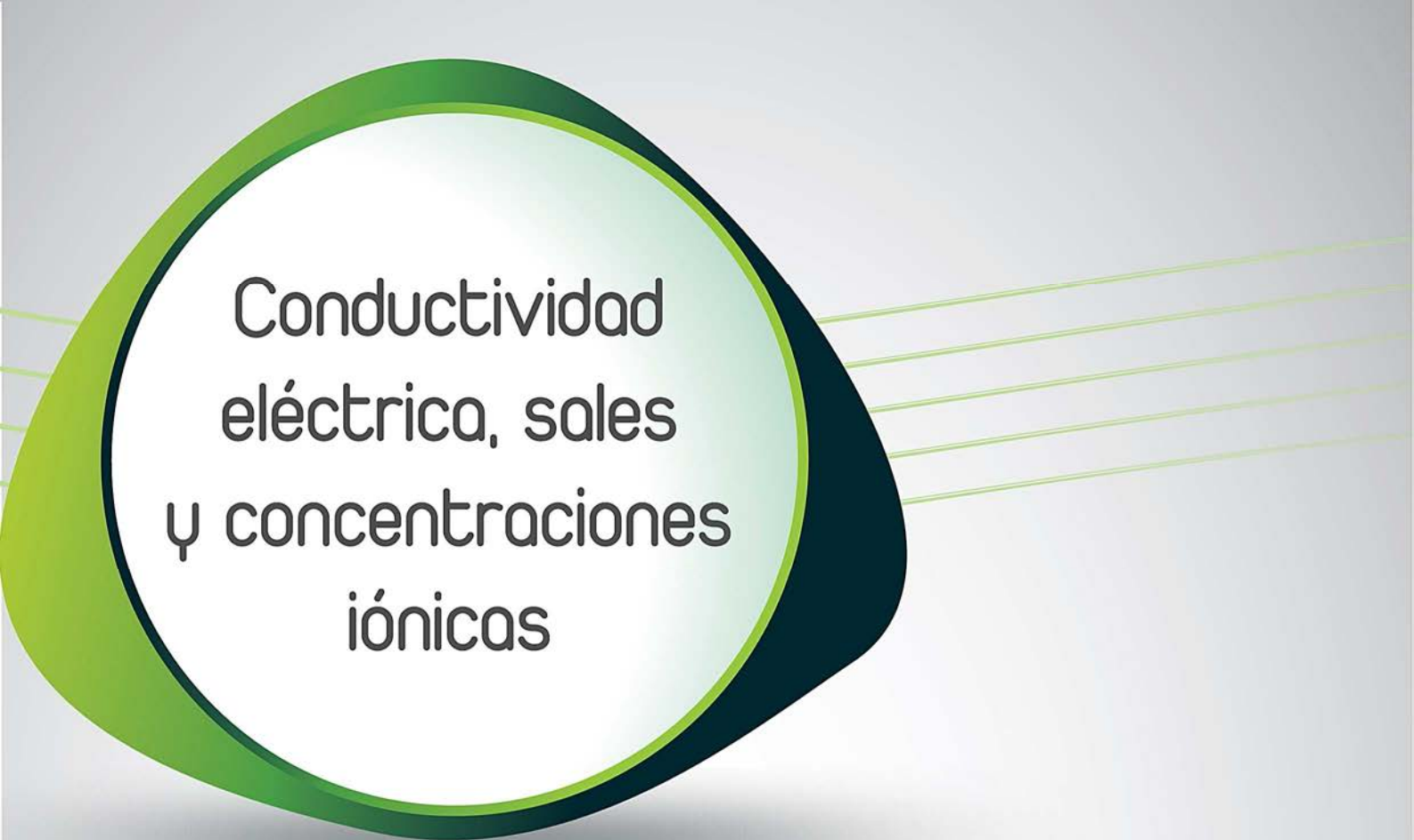
Año/Especie	n	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/g, peso húmedo)									
		Naftaleno	Acenafteno	Acenaftileno	Fluoreno	Fenantreno	Antraceno	Metil naftaleno	Dimetil naftaleno	Metil fenantreno	Dimetil fenantreno
2008											
Pejerrey bonaerense		0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,0034	0,006	0,0024	0,006
Carpa		0,003	0,003	0,003	0,003	0,0022	0,003	0,006	0,006	0,006	0,006
Trucha marrón		0,003	0,003	0,003	0,0015	0,0045	0,003	0,0017	0,006	0,006	0,006
2009											
Pejerrey bonaerense		0,0194	<LC	<LC	<LC	0,0088	<LC	<LC(0,0038)	0,0091	<LC	<LC
Carpa		0,0115	<LC	<LC	<LC	0,0046	<LC(0,0014)	<LC(0,0029)	0,0032	<LC	<LC
2010											
Pejerrey bonaerense	8	0,0065	ND	ND	ND	ND	ND	<LC(0,0021)	ND	ND	ND
Carpa	20	0,0044	ND	ND	ND	ND	ND	<LC(0,0020)	ND	ND	ND
Trucha arco iris	1	0,0259	0,0059	ND	ND	ND	ND	<LC(0,0046)	ND	ND	ND
Perca bocona	4	0,0178	ND	ND	ND	ND	ND	0,0034	ND	ND	ND
2011											
Pejerrey bonaerense	15	0,0088	<LC(0,0028)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carpa	20	ND	ND	ND	<LC(0,0011)	<LC(0,0016)	ND	ND	ND	ND	ND



Tabla VIII.2 (continuación)

Año/Especie	n	Hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/g, peso húmedo)									
		Fluoranteno	Pireno	Benzo[k] fluoranteno	Benzo[k] fluoranteno	Criseno	Benzo[a] antraceno	Benzo[a] pireno	Dibenzo[a,h] antraceno	Benzo[g,h,i] perileno	Indeno[c,d] pireno
2004											
Pejerrey bonaerense	23	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Carpa	9	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Trucha arco iris	2	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
2005											
Pejerrey bonaerense	20	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Carpa	20	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Perca bocona	1	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
2006											
Pejerrey bonaerense	20	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
2007											
Pejerrey bonaerense	20	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC





Conductividad  
eléctrica, sales  
y concentraciones  
iónicas

Anexo IX





Tabla IX. 1. Promedio de medias mensuales de Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Sales (ppm) y Concentraciones Iónicas de registros obtenidos en el período 2008 en diferentes estaciones sobre los ríos Grande, Barrancas y Colorado.

Río	Estación	Conduct. $\mu\text{S}/\text{cm}$	SDT ppm	Bicarb. meq/L	Carb. meq/L	Cloruros meq/L	Sulfatos meq/L	Sodio meq/L	Potasio meq/L	Calcio meq/L	Magnesio meq/L
Grande	Bardas Blancas	1106	696	1,21	0,00	5,03	4,64	4,95	0,07	5,09	0,70
Barrancas	Barrancas	800	497	1,28	0,00	3,79	2,49	3,61	0,08	3,23	0,65
Colorado	Buta Ranquil	1077	673	1,41	0,00	4,93	4,21	4,80	0,08	4,73	0,90
Colorado	Casa de Piedra	1287	831	1,61	0,00	5,30	6,02	5,49	0,11	6,18	1,13
Colorado	Pichi Mahuida	1298	818	1,61	0,00	5,55	5,47	5,50	0,10	5,84	0,97
Colorado	La Adela	1456	936	1,73	0,00	6,29	6,83	6,64	0,12	6,89	1,20
Colorado	Paso Alsina	1437	930	1,68	0,02	6,14	7,36	7,02	0,11	6,69	1,32





Glosario  
Ψ  
Agradecimientos



## GLOSARIO

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

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

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

**Anfípodo:** artrópodo caracterizado por tener sus apéndices locomotores iguales.

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

**ASTM:** sigla de *American Society for Testing and Materials*.

**Bentónico:** perteneciente al bentos.

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

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

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

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

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

muestra por los conservantes (ácidos), manipulación de los envases en campo para la extracción y preservación de la muestra.

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

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

**Conductividad eléctrica:** es una medida de la capacidad de una solución acuosa de transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, su concentración total, su movilidad, su valencia y de la temperatura a la cual se efectúa la medición. En el Sistema Internacional de Unidades la conductividad se expresa en milisiemens por metro (mS/m). En la práctica es más corriente el empleo de microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Metal pesado:** metales de densidad mayor que 4,5 g/cm<sup>3</sup> y relativamente elevada masa atómica. El término también designa un grupo de metales que presentan marcada toxicidad para los organismos vivos. También se los denomina elementos traza.



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

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

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

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

**pH:** valor que representa la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Se define como el logaritmo negativo de la actividad del ión hidrógeno.

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

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

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

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

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

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

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

**Sonicación:** técnica aplicada en la preparación de muestras (desagregación, homogeneización, reducción del tamaño de partícula, etc.) para su posterior análisis basada en el empleo de energía ultrasónica.

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

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

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

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

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

#### Bibliografía

- APHA, AWWA, WEF, 1999, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed.*
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2002, *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - Introduction*–Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 1993, *Guidance Manual on Sampling, Analysis, and Data Management for Contaminated Sites - Volume I: Main Report - Glossary* – Report CCME EPC-NCS62E.
- CCREM (Canadian Council of Resources and Environment Ministers), 1986, *Canadian Water Quality Guidelines - Glossary.*
- Cortada de Kohan, N., Carro, J.M., 1978, *Estadística Aplicada, séptima edición*, Editorial Universitaria de Buenos Aires, EUDEBA, Buenos Aires.
- Gaskin, J. E., 1993, *Quality assurance in water quality monitoring - General Glossary - Ecosystem Science and Evaluation Directorate*, Conservation and Protection Environment Canada, Ottawa, Ontario.
- ISO, 1993, *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology.*
- Salas, H.J., Dos Santos, J.L., Fernícola, N., 1987, *Manual de Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales*, CEPIS, OPS, OMS.

# Agradecimientos

Administración Provincial del Agua de la Provincia de La Pampa, por la operación de la estación meteorológica del Puesto Caminero de Casa de Piedra, según convenio COIRCO – APA.

Departamento Provincial de Aguas de la Provincia de Río Negro, por la operación de las estaciones pluviométricas de Catriel y El Gualicho, según convenio COIRCO – DPA.

Ente Casa de Piedra, por el suministro de información diaria de la erogación del caudal desde el embalse, según Norma de Manejo de Aguas.

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, por registros hidrológicos del río Colorado en la estación Buta Ranquil, registros de lluvias de las estaciones de Buta Ranquil y Pichi Mahuida.

Comisión Nacional de Actividades Espaciales, por el suministro de imágenes satelitales, según convenio COIRCO – CONAE.

Universidad Nacional de Luján – Laboratorio de Estudios Ecotoxicológicos, Monitoreos Ambientales, Laboratorio CIC y Laboratorio Segemar – Intemin, por el esmero y dedicación en la ejecución de las tareas asignadas en el presente Programa de Calidad del Medio Acuático.

YPF SA; Petrobras Energía SA; Chevron Argentina SRL; Oldelval SA; Petrolera Entre Lomas SA; Pluspetrol - Petro Andina Resources Ltd; Gran Tierra - Petrolifera Petroleum Américas Ltd; Medanito SA; Petroquímica Comodoro Rivadavia SA; Apache Energía Argentina SRLy San Jorge Petroleum SA, por el financiamiento del Programa de Calidad de Aguas.

Armado y diseño  
Gerencia Técnica COIRCO  
Agosto 2013





Sede Operativa: Belgrano 366 - (B8000IJH) Bahia Blanca - Argentina  
Tel/Fax: (0291) 455-1054 / 3054 - coirco@coircogovar - www.coirco.govar