

# Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado

## Subprograma Calidad del Medio Acuático

**Informe anual  
2021**



Comité Interjurisdiccional del Río Colorado  
Secretaría de Gobierno de Energía de la Nación  
Grupo Interempresario



Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO)

Sede Operativa: Belgrano 366 – (B8000IJH) Bahía Blanca – Argentina

(0291) 455-1054 – [coirco@coirco.gov.ar](mailto:coirco@coirco.gov.ar) – [www.coirco.gov.ar](http://www.coirco.gov.ar)

Este documento fue aprobado por el Comité Ejecutivo del COIRCO, en reunión ordinaria mensual, celebrada el 17 de marzo, con la presencia de los representantes provinciales y del representante de la Nación, en ejercicio de la Presidencia.

Se autoriza la reproducción total o parcial de la información contenida en este documento citando la fuente.

*Edición: febrero 2026*

# Índice

## Presentación

|     |   |   |
|-----|---|---|
| I.  | Programa Integral de Calidad de Aguas ..... | 4 |
| II. | La cuenca del Colorado .....                | 6 |

## Calidad del Medio Acuático

### Capítulo I: Introducción ..... 8

|     |  |          |
|-----|--|----------|
| 1.1 | <i>Creación de la Comisión Técnica Fiscalizadora .....</i> | <i>8</i> |
| 1.2 | <i>Subprograma Calidad del Medio Acuático .....</i>        | <i>9</i> |

### Capítulo II: Evaluación de la calidad del agua ..... 15

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 2.1   | <i>Introducción .....</i>  | <i>15</i> |
| 2.2   | <i>Metodología de muestreo y mediciones in situ.....</i>         | <i>17</i> |
| 2.3   | <i>Metodologías analíticas.....</i>                              | <i>18</i> |
| 2.3.1 | <i>Análisis de metales/metaloides</i>                            |           |
| 2.3.2 | <i>Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)</i> |           |
| 2.4   | <i>Resultados .....</i>  | <i>21</i> |
| 2.5   | <i>Valores guía para la calidad del agua.....</i>                | <i>49</i> |
| 2.6   | <i>Discusión.....</i>  | <i>51</i> |
| 2.6.1 | <i>Metales/metaloides</i>  |           |
| 2.6.2 | <i>HAPs</i>  |           |
| 2.7   | <i>Ensayos ecotoxicológicos.....</i>                             | <i>53</i> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Capítulo III: Evaluación de la calidad de los sedimentos de fondo .....</b> | <b>54</b> |
| 3.1 <i>Introducción</i> .....  | 54        |
| 3.2 <i>Metodología de muestreo</i> .....                                       | 55        |
| 3.3 <i>Metodologías analíticas</i> .....                                       | 56        |
| 3.3.1 <i>Análisis de metales/metaloides</i>                                    |           |
| 3.3.2 <i>Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)</i>         |           |
| 3.4 <i>Resultados</i> .....  | 59        |
| 3.5 <i>Valores guía para la calidad de los sedimentos de fondo</i> .....       | 62        |
| 3.6 <i>Discusión</i> .....   | 64        |
| <br>   |           |
| <b>Capítulo IV: Evaluación de sustancias tóxicas en músculo de peces.....</b>  | <b>65</b> |
| 4.1 <i>Introducción</i> .....  | 65        |
| 4.2 <i>Métodos de captura y obtención de las muestras</i> .....                | 65        |
| 4.3 <i>Metodologías analíticas</i> .....                                       | 67        |
| 4.3.1 <i>Análisis de metales/metaloides</i>                                    |           |
| 4.3.2 <i>Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)</i>         |           |
| 4.4 <i>Resultados</i> .....  | 70        |
| 4.5 <i>Límites máximos de tolerancia para el consumo humano</i> .....          | 73        |
| 4.6 <i>Discusión</i> .....   | 75        |
| <br>   |           |
| <b>Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....</b>                         | <b>76</b> |
| 5.1 <i>Conclusiones</i> .....  | 76        |
| 5.2 <i>Recomendaciones</i> .....   | 78        |
| <br>   |           |
| Glosario.....  | 79        |
| <br>   |           |
| Bibliografía.....  | 82        |

## **Presentación**

### ***I. Programa Integral de Calidad de Aguas***

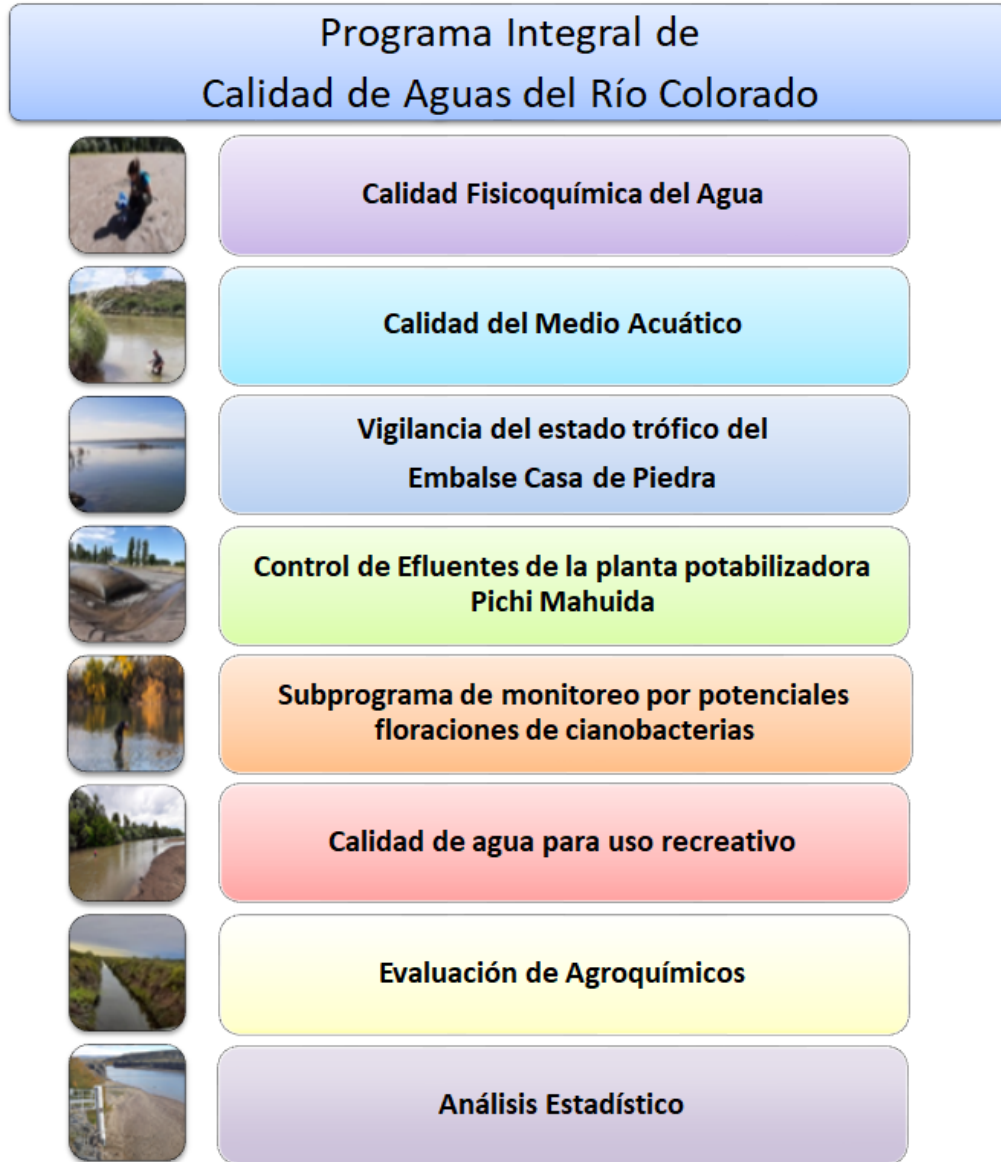
Las cinco provincias que tienen parte de su territorio en la cuenca del Colorado, junto con la Nación, han jalonado una extensa y fructífera historia que dio comienzo en 1956, con la primera Conferencia de Gobernadores de la cuenca. En lo institucional, ha tenido tres hitos de trascendencia: la constitución del *Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO)*, la firma del *Acuerdo del Colorado* y la ejecución del *Programa Único de Habilitación de Áreas de Riego y Distribución de Caudales del Río Colorado*. Con el paso del tiempo y el surgimiento de nuevas actividades y el mayor grado de conocimiento de la cuenca se han ido incorporando nuevos desafíos y los instrumentos de gestión necesarios para enfrentarlos.

En ese marco se han establecido consensos sobre los caudales disponibles para cada provincia, sobre las prioridades en el uso del agua y sobre los respectivos parámetros de calidad. A partir de los años 90, COIRCO ha sumado competencias ambientales, definición de líneas de ribera y elaboración de normas de manejo de agua, entre otras funciones.

Bajo la concepción de una gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), que implica contemplar distintas disciplinas en el enfoque de su misión, COIRCO viene llevando a cabo un programa de estudios y monitoreos de la calidad del agua, conformado por diversos subprogramas que responden a temáticas específicas, centralizándose en las variables de control establecidas en el Programa Único y de las que, más adelante, se fueron definiendo específicamente.

El esquema actual del *Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado* se compone de ocho subprogramas, además de otros estudios eventuales para requerimientos puntuales.

**Figura I. Esquema del Programa Integral de Calidad de Aguas**



A partir de la información obtenida en cada uno de estos subprogramas se editan publicaciones técnicas y de difusión que constituyen la base documental de la gestión del organismo y de la participación de las distintas instituciones involucradas en la cuenca del Colorado.

## ***II. La cuenca del Colorado***

La cuenca del Colorado es una estrecha franja de tierra fértil que cruza el país de oeste a este, donde uno de los factores limitantes para el desarrollo es el déficit pluvial. Desde la Cordillera de los Andes hasta el Océano Atlántico, la cuenca se extiende por 1.200 kilómetros conformando un área de 48.000 km<sup>2</sup> incluyendo territorios de las provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires.

Los ríos Grande y Barrancas, que al confluir forman el Colorado, se alimentan de las precipitaciones nivales en la región andina. En su trayecto hacia la desembocadura, el río recoge las aguas de escasas lluvias que oscilan entre 200 y 450 mm anuales.

Al tener un régimen nival, el año hidrológico del Colorado se establece desde el mes de julio al de junio del año siguiente. El deshielo, entre los meses de octubre a febrero, es el responsable del mayor caudal del río en el periodo estival, cuya magnitud depende de la acumulación de nieve en la alta montaña y de las condiciones climáticas. El resto del año presenta caudales bajos, sostenidos por los aportes del agua subterránea.

La estación hidrológica pionera en la cuenca es Pichi Mahuida que data de 1918. Actualmente la estación hidrológica de referencia es Buta Ranquil, ubicada aguas abajo de la confluencia de los ríos Grande y Barrancas, que brinda información desde 1940.

Aproximadamente en el centro geográfico de la región se ubica la única presa de embalse que existe actualmente en la cuenca, Casa de Piedra, reservorio de vital importancia para garantizar los usos del agua, es decir, un instrumento de regulación de caudales y, a su vez, de atenuación de crecidas.

En la cuenca se pueden distinguir tres áreas: las subcuencas de los ríos Grandes y Barrancas sobre la zona andina, hasta la confluencia de ambos; desde allí hasta Casa de Piedra se extiende la porción no regulada del Colorado, mientras que, aguas abajo de la presa hasta su desembocadura en el Atlántico, se ubica la zona regulada.

La población de la cuenca -alrededor de 70 mil personas- se asienta en algunas pocas ciudades de porte medio y en varios pequeños pueblos y colonias ubicados a la vera del río. En la zona regulada, la actividad predominante es la agricultura bajo

riego, mientras que en las subcuencas de los tributarios principales y la porción no regulada de la cuenca se destaca la industria hidrocarburífera.

La agricultura representa aproximadamente el 98 % del uso consuntivo del agua, mientras que la porción restante se distribuye en partes iguales entre la actividad petrolera y la captación para agua potable.

**Figura II. La cuenca del río Colorado**



# Calidad del Medio Acuático

## Capítulo 1. Introducción

### *1.1 Creación de la Comisión Técnica Fiscalizadora*

La actividad hidrocarburífera, que era incipiente en 1976, tuvo un crecimiento importante a fines de la década del 80 y principios de los 90. Esta industria generaba impactos en los recursos hídricos por las descargas directas de aguas de purga al río Colorado y en suelos de bajos naturales, afectando también acuíferos freáticos de valles potencialmente regables. Por contingencias de la industria petrolera, en algunos casos, se hizo necesaria la interrupción de los servicios de agua potable y riego.

La organización y estructura formal del COIRCO sirvió de base para que las provincias (en particular, las ubicadas aguas abajo de las mencionadas descargas) pudieran contar con un instrumento de gestión desde donde coordinar acciones para revertir conductas de trabajo en la actividad petrolera que estaban poniendo en riesgo la calidad del agua para los diversos usos.

A raíz de esta situación las provincias y la Nación decidieron ampliar las facultades del COIRCO en materia de preservación ambiental y manejo de situaciones de contaminación que pudieran ocurrir con el objeto de fortalecer el control y preservación del recurso hídrico compartido. De esta forma, en el año 1997 se crea la Comisión Técnica Fiscalizadora (CTF), integrada por el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado y la Secretaría de Energía y Puertos de la Nación, con el objeto de fiscalizar la exploración, explotación y transporte de hidrocarburos que se desarrollan en la cuenca en aquellos aspectos vinculados a la preservación de los recursos naturales.

La Comisión Técnica Fiscalizadora tiene dos misiones, ambas gerenciadas a través del COIRCO: la inspección de la actividad petrolera y la ejecución de un programa de calidad de aguas.

Para la primera misión se cuenta con recursos humanos en el área de explotación petrolera, en las localidades de Rincón de los Sauces (Neuquén), Catriel (Río Negro) y 25 de Mayo (La Pampa).

En tal sentido, el control de la actividad petrolera en la cuenca del río Colorado se realiza a través de la CTF, y se ejecuta mediante dos actividades de campo que se realizan diariamente:

- a. *Inspección de incidentes*: donde se relevan los incidentes denunciados por las empresas operadoras y aquellos que son detectados en las visitas de la CTF.
- b. *Inspección preventiva de instalaciones*: tienen por finalidad identificar instalaciones que pueden representar situaciones de riesgo para la calidad del recurso hídrico ante un eventual incidente.

Para la segunda misión, COIRCO resolvió en 1997 realizar un amplio estudio para determinar la calidad de los distintos compartimentos del ambiente acuático del río Colorado: columna de agua, sedimentos de fondo y biota acuática. El estudio se desarrolló entre ese año y 1999.

A partir del año 2000, en base a los resultados obtenidos, se diseñó y se desarrolla de manera ininterrumpida desde entonces un monitoreo permanente a través del Subprograma Calidad del Medio Acuático, cuyo objetivo es el seguimiento y vigilancia en el tiempo de la calidad del ambiente acuático, que incluye la evaluación de la aptitud del agua para los diferentes usos.

## **1.2 Subprograma Calidad del Medio Acuático**

El Subprograma Calidad del Medio Acuático tiene como objetivo principal el control de los posibles efectos de la actividad petrolera sobre el ambiente acuático. En la cuenca, la actividad hidrocarburífera se extiende desde Barrancas en el río Barrancas, y Bardas Blancas en el río Grande, hasta el embalse Casa de Piedra en el río Colorado, abarcando el territorio de las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro y La Pampa.

En este sentido, son prioritarias, por su toxicidad, las determinaciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) y de metales/metaloides. Los análisis se realizan en tres matrices, que incluyen el monitoreo de calidad del agua, de los sedimentos de fondo y la investigación de sustancias tóxicas en músculo de peces (*Figura 1*).

**Figura 1. Componentes del Subprograma Calidad del Medio Acuático**

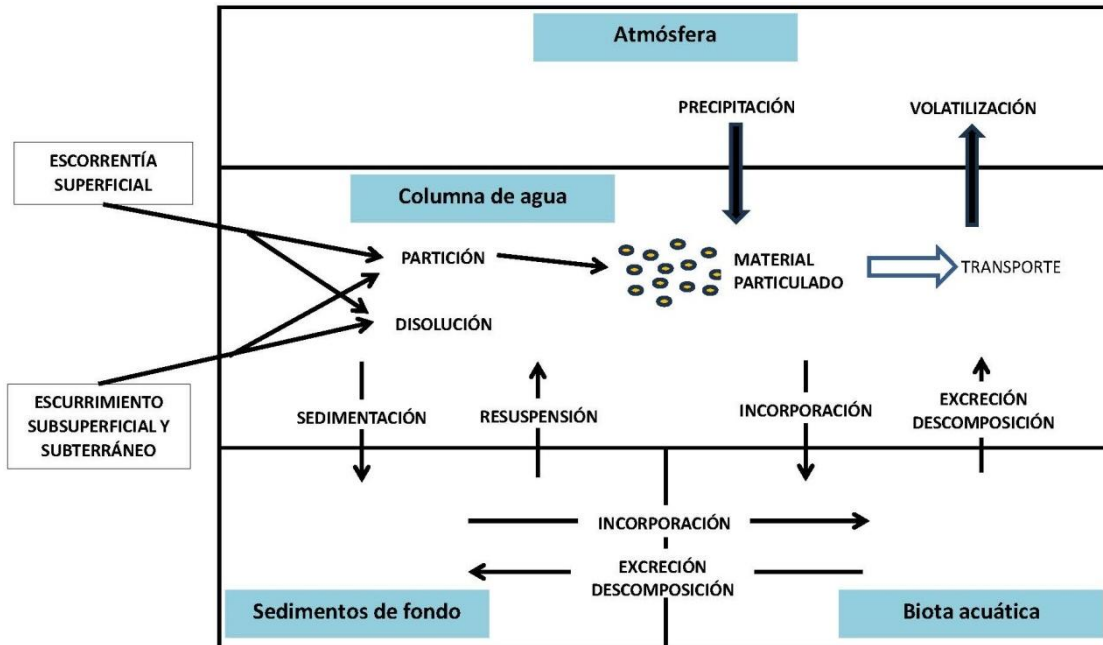


En la *Figura 2* se presenta un esquema conceptual simplificado del destino y transporte de sustancias tóxicas en el ambiente acuático, que muestra las vías de ingreso y la interconexión de los diferentes compartimentos (atmósfera, columna de agua, sedimentos de fondo y biota acuática).

La distribución en cada compartimento está determinada por la naturaleza y las propiedades físicas y químicas de cada sustancia tóxica: especiación, solubilidad en agua, presión de vapor, adsorción/partición, etc.

A su vez, en cada compartimento, las diferentes sustancias pueden sufrir distintos procesos de transformación (físicos, químicos y biológicos), que dependen de sus propiedades físicas y químicas (transformaciones químicas, fotoquímicas, biológicas y abióticas), que pueden llevar a su eliminación del sistema o a la degradación a sustancias de menor o de mayor toxicidad.

**Figura 2. Esquema conceptual simplificado del destino y transporte de sustancias tóxicas en el ambiente acuático**



En relación con las fuentes naturales de sustancias tóxicas, la litología de la alta cuenca, ubicada en la Cordillera Principal y representada en gran medida por rocas y materiales de origen volcánico, cobra especial significación, ya que contienen en su composición metales pesados, los cuales potencialmente pueden alterar la calidad del agua para los diferentes usos.

Las nacientes de los arroyos y de los ríos, en sus primeros tramos están ubicadas en un área de intenso volcanismo en el pasado (Sruoga, P. 2002; Llambias, E.J. 2008;), al que se suman episodios ocurridos en épocas recientes (Sruoga, P. 2002; Scotti, A & Torres, D.N. 2012). A través de fenómenos de meteorización tiene lugar la movilización de dichas sustancias, posibilitando su ingreso en el ambiente acuático.

La evaluación de la calidad del ambiente acuático en relación con los mencionados contaminantes se lleva a cabo con referencia a los usos del recurso que se desea proteger. En la cuenca, los principales usos del agua que se tienen en cuenta para la evaluación de su calidad son: fuente de agua potable, irrigación y ganadería, actividades recreativas y medio para el desarrollo de la vida acuática.

Las concentraciones detectadas de las sustancias seleccionadas para la evaluación de la calidad son contrastadas con valores guía internacionales (CCME 2012; OMS 2008).

Para determinar la aptitud del agua superficial de la cuenca para su uso como fuente de agua potable se toman como referencia los valores guía de la OMS para el agua de bebida, teniendo en cuenta la disponibilidad de tecnologías de tratamiento para ajustar los parámetros que eventualmente lo requirieran para adecuarse a dicha norma (ver *Capítulo 2*).

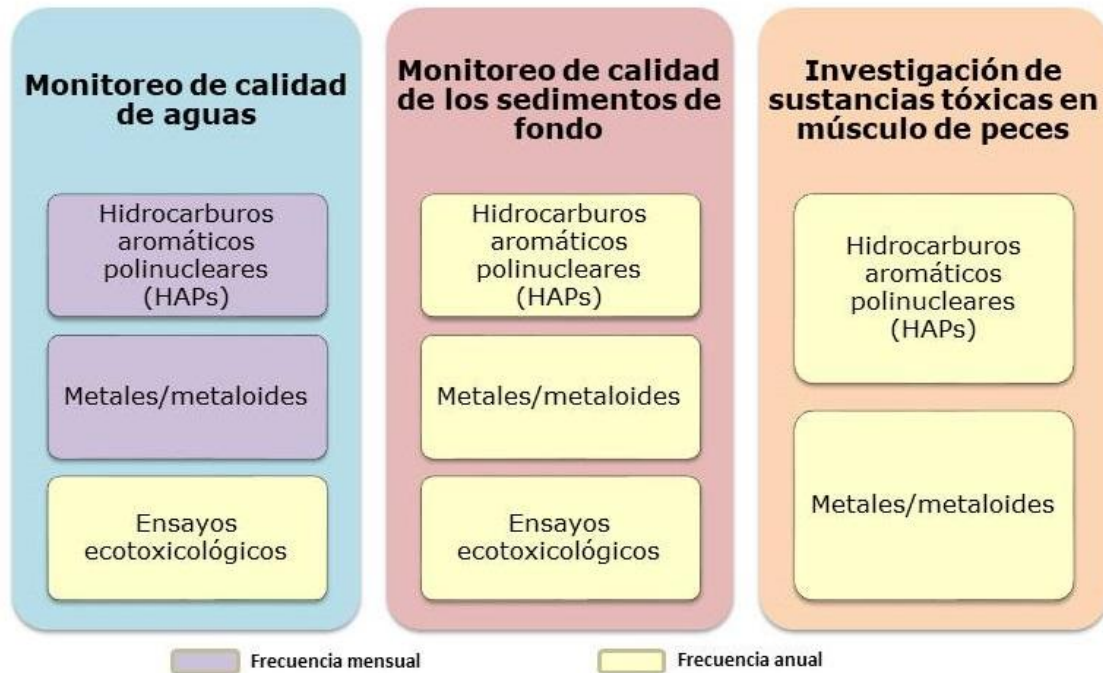
La evaluación de la calidad del ambiente acuático se complementa con la investigación de la presencia de sustancias tóxicas en los sedimentos de fondo y la realización de ensayos ecotoxicológicos con esta matriz y con agua.

En el marco del subprograma, a su vez, con el fin de establecer riesgos potenciales para la salud humana, se monitorea la presencia de sustancias tóxicas en las partes comestibles de diferentes especies de peces presentes en el sistema del río Colorado.

La investigación de estas sustancias en las diferentes matrices, en relación con los usos previstos, implica la detección de niveles de concentración extremadamente bajos con capacidad de producir efectos tóxicos crónicos. Esto determina que tanto las operaciones de muestreo como los análisis en laboratorio deban ser ejecutados bajo un riguroso programa de aseguramiento de la calidad, a fin de garantizar la confiabilidad de los datos analíticos, dado que los mismos además de verificar la aptitud del agua para un uso determinado, posteriormente serán sometidos a un análisis estadístico inferencial que brindará un conocimiento más amplio de la calidad del agua en la cuenca.

En la *Figura 3* se detallan las matrices y los parámetros estudiados en cada componente del Subprograma Calidad del Medio Acuático y las frecuencias con las que se realizan los controles.

**Figura 3. Componentes del Subprograma Calidad del Medio Acuático, matrices y parámetros evaluados y frecuencias de muestreo**



En la *Tabla 1* se amplía la información de la *Figura 3* mostrando un detalle espacial y temporal del subprograma, que comprende desde las estaciones en los ríos Grande y Barrancas, donde no hay actividad humana en forma sistemática, hasta la estación El Gualicho, aguas arriba de la primera obra de toma de la provincia de Buenos Aires.

Como consecuencia de las restricciones que provocó la pandemia de COVID-19 se debieron realizar modificaciones sobre el diagrama de la *Tabla 1*. En los siguientes capítulos del presente informe se presentan los resultados obtenidos en el año 2021 para cada una de las matrices estudiadas y en cada caso se mencionan las modificaciones específicas que sufrió el subprograma en dicha matriz.

Como cada año, el diseño del subprograma para el 2021 se basó en las conclusiones y recomendaciones del año anterior. (Ver *Calidad del medio acuático. Informe 2020*: <https://www.coirco.gov.ar/download/calidad-aguas/calidad-medio-acuatico/PCA-2020.pdf>)

**Tabla 1. Diagrama del Subprograma Calidad del Medio Acuático**

|                            | <b>Río Barrancas</b> | <b>Río Grande</b>   | <b>Río Colorado tramo no regulado</b> |                       |                       |             |                  |                        | <b>Embalse Casa de Piedra</b>      | <b>Río Colorado tramo regulado</b>   |                             |                  |
|----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------|
| <b>Estación</b>            | <b>CL 0</b>          | <b>CL 1</b>         | <b>CL 2</b>                           |                       | <b>CL 3</b>           | <b>CL 4</b> | <b>CL 4a</b>     | <b>CL 5</b>            |                                    | <b>CL 6</b>                          | <b>CL 10a</b>               | <b>CL 10</b>     |
| <b>Análisis</b>            | Área Barrancas       | Área Bardas Blancas | Área Buta Ranquil                     | Área Puesto Hernández | Área Desfiladero Bayo |             | Área Punto Unido | Área Pasarela Medanito | Embalse Casa de Piedra (Área Toma) | Área descarga embalse Casa de Piedra | Área balneario Río Colorado | Área El Gualicho |
| <b>Columna líquida</b>     |                      |                     |                                       |                       |                       |             |                  |                        |                                    |                                      |                             |                  |
| Metales/metaloides         | mensual              | mensual             | mensual                               | -                     | mensual               | -           | mensual          | mensual                | -                                  | mensual                              | mensual                     | mensual          |
| HAPs                       | mensual              | mensual             | mensual                               | -                     | mensual               | -           | mensual          | mensual                | -                                  | mensual                              | mensual                     | mensual          |
| Ecotoxicológicos           | -                    | -                   | -                                     | -                     | anual                 | anual       | -                | -                      | -                                  | -                                    | -                           | -                |
| <b>Sedimentos de fondo</b> |                      |                     |                                       |                       |                       |             |                  |                        |                                    |                                      |                             |                  |
| Metales/metaloides         | -                    | -                   | -                                     | anual                 | -                     | -           | -                | -                      | anual                              | -                                    | -                           | -                |
| HAPs                       | -                    | -                   | -                                     | anual                 | -                     | -           | -                | -                      | anual                              | -                                    | -                           | -                |
| Ecotoxicológicos           | -                    | -                   | -                                     | anual                 | -                     | -           | -                | -                      | anual                              | -                                    | -                           | -                |
| <b>Músculo de peces</b>    |                      |                     |                                       |                       |                       |             |                  |                        |                                    |                                      |                             |                  |
| Metales/metaloides         | -                    | -                   | -                                     | anual                 | -                     | -           | -                | -                      | anual                              | -                                    | -                           | -                |
| HAPs                       | -                    | -                   | -                                     | anual                 | -                     | -           | -                | -                      | anual                              | -                                    | -                           | -                |

## Capítulo II. Evaluación de la calidad del agua

### 2.1 Introducción

El presente capítulo contiene los resultados de las mediciones *in situ* y de los análisis de metales/metaloideos e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en columna de agua realizados con muestras de agua extraídas en las estaciones de la red de monitoreo del Subprograma Calidad del Medio Acuático durante el año 2021 (*Tabla 2 y Figura 4*) a fin de verificar la aptitud del recurso para todos los usos en la cuenca.

**Tabla 2. Estaciones de monitoreo del Subprograma de Calidad del Medio Acuático**

| <b>Estación</b> | <b>Río</b> | <b>Ubicación</b>                     | <b>Coordenadas geográficas</b>  |
|-----------------|------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| CL 0            | Barrancas  | Área Puente Ruta Nacional N° 40      | S 36°48'55,88" – O 69°52'19,50" |
| CL 1            | Grande     | Área Bardas Blancas                  | S 35°52'14,90" – O 69°50'14,30" |
| CL 2            | Colorado   | Área Buta Ranquil                    | S 37°07'50,30" – O 69°38'37,57" |
| CL 3            |            | Área Desfiladero Bayo                | S 37°21'57,30" – O 69°00'60,00" |
| CL 4-a          |            | Área Punto Unido                     | S 37°42'29,85" – O 67°45'40,00" |
| CL 5            |            | Área Pasarela Medanito               | S 38°01'34,88" – O 67°52'53,82" |
| CL 6            |            | Área descarga embalse Casa de Piedra | S 38°12'55,60" – O 67°11'12,20" |
| CL 10-a         |            | Área balneario Río Colorado          | S 38°58'35,10" – O 64°06'33,60" |
| CL 10           |            | Área El Gualicho                     | S 39°03'41,77" – O 63°56'03,25" |

**Figura 4. Estaciones de muestreo de la columna de agua del Subprograma de Calidad del Medio Acuático**



No se dispone localmente de valores guía o de referencia para la calidad del agua de cursos superficiales para ser utilizada como fuente de agua potable. Por lo tanto, al solo efecto del presente estudio, la calidad del agua del río se compara con los valores guía establecidos para el agua potable y no para el agua a ser utilizada como fuente para potabilización. A tal fin, se toman como valor comparativo los requeridos para el agua potable de la Organización Mundial de la Salud y del Código Alimentario Argentino. Cabe destacar, que el mismo criterio ha sido adoptado en otro país (*British Columbia Ministry of Environment and Climate Change Strategy. 2020. B.C. Source Drinking Water Quality Guidelines: Guideline Summary. Water Quality Guideline Series, WQG-01. Prov. B.C., Victoria B.C.*), el cual adopta para la fuente de agua los valores guía para el agua de bebida de *Health Canada (Health Canada, 2025. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Tables. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario.)*

Los mencionados valores guía establecen un marco de referencia a utilizar en el caso en que, eventualmente, fuera necesario aplicar al agua cruda un tratamiento para la corrección de algún de parámetro con el fin de dar cumplimiento a las normas de calidad para el agua para consumo humano. Estas cuestiones son

competencia de las provincias ribereñas, que son las responsables del abastecimiento de agua a la población.

Como consecuencia de las restricciones impuestas a la circulación por la pandemia COVID-19, en 2021, los muestreos y mediciones pudieron efectuarse en forma completa solamente en las estaciones CL 0, CL 2, CL 3, CL 5, y CL 6. En la estación CL 1 no se efectuaron muestreos durante todo el año, en tanto que en las estaciones CL 4-a, CL 10-a y CL 10 no se hicieron muestreos en enero y febrero.

Debido también a la pandemia COVID-19, en 2021 no fueron efectuados los muestreos de agua y de sedimentos de fondo para ensayos ecotoxicológicos, dado que existieron inconvenientes en el transporte de las muestras hasta la Universidad Nacional de Luján.

## **2.2 Metodología de muestreo y mediciones *in situ***

Las muestras de agua fueron extraídas con frecuencia mensual en las estaciones de monitoreo establecidas al efecto. Los muestreos y mediciones *in situ*, al igual que en los años anteriores, fueron realizados por la empresa Monitoreos Ambientales, de la ciudad de Cipolletti, Río Negro.

Las determinaciones de parámetros ambientales *in situ* (pH y conductividad) se llevaron a cabo por duplicado empleando dos instrumentos diferentes en cada caso. Para las mediciones de pH se utilizó el instrumento *HORIBA LAQUAtwin pH-11*, en tanto que la conductividad y el oxígeno disuelto fueron medidos mediante los equipos *HORIBA LAQUAtwin B771* y *MILWAUKEE MW600*.

En las correspondientes estaciones de monitoreo se extrajeron muestras para el análisis de metales/metaloides y HAPs.

Los muestreos se efectuaron de acuerdo con los Procedimientos Operativos Estándar (POE) realizados por COIRCO como parte del Aseguramiento de la Calidad del subprograma, los cuales se basan en los lineamientos generales dados en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 1998). Los envases destinados a contener las muestras para el análisis de metales/metaloides fueron sometidos 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*), escurrido y secado a

temperatura ambiente, inmersión durante 12 horas en solución 1+1 de ácido nítrico (para análisis), enjuague con agua destilada (Tipo IV *ASTM*), enjuague con agua ultra pura (Tipo I *ASTM*) y secado a temperatura ambiente (Procedimiento Operativo Estándar, POE A001, Sección 4.4.1).

Las muestras de agua para análisis de metales/metaloides fueron 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  $< 4^\circ\text{C}$ .

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 al procedimiento de limpieza antes indicado, más un enjuague con acetona de alta pureza (grado cromatográfico) (Procedimiento Operativo Estándar POE A001, Sección 4.4.2). Estas muestras fueron preservadas mediante la adición de 12 mL/L de ácido clorhídrico (HCl) 1 N (práctica actualmente fuera de uso por recomendaciones de normas internacionales) y refrigeración a temperatura  $< 4^\circ\text{C}$  y en esas condiciones fueron enviadas al laboratorio.

## **2.3 Metodologías analíticas**

### **2.3.1 Análisis de metales/metaloides**

Los análisis de metales/metaloides en muestras de agua fueron llevados a cabo en el laboratorio INDUSER de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO 17025:2017 (ISO/IEC 2017), encontrándose acreditado en el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha norma por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA).

Las concentraciones medidas de los diferentes metales/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  $k=2$ ) que corresponden a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. Dichas incertidumbres fueron calculadas por el laboratorio de INDUSER mediante la metodología del manual *NORDTEST* (B. Magnusson, T. Näykki, H. Hovind, M. Krysell, E. Sahlin, *Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories, Nordtest Report TR 537*, ed. 4, 2017).

Las técnicas y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la *Tabla 3* y *Tabla 4*.

**Tabla 3. Técnicas y métodos analíticos empleados en el laboratorio INDUSER para el análisis de metales/metaloide en agua con sus respectivos límites de cuantificación**

| <i>Metal/metaloide</i> | <i>Técnica analítica</i> | <i>Método</i>     | <i>Límite de cuantificación (µg/L)</i> |
|------------------------|--------------------------|-------------------|--|
| Arsénico               | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 1,0                                    |
| Cadmio                 | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 0,1                                    |
| Cinc                   | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 10                                     |
| Cobre                  | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 1,0                                    |
| Cromo                  | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 1,0                                    |
| Mercurio               | A.A. por vapor frío      | EPA 7470 A        | 0,1                                    |
| Molibdeno              | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 1,0                                    |
| Níquel                 | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 1,0                                    |
| Plomo                  | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 1,0                                    |
| Selenio                | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 1,0                                    |
| Uranio                 | ICP-MS                   | EPA 3015 A/6020 B | 1,0                                    |

*ICP-MS: espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo con detector de masas.*

*EPA 3015 A: digestión ácida débil asistida por microondas.*

*EPA 7470 A: Absorción atómica por vapor frío.*

### 2.3.2 *Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)*

Los análisis de HAPs en muestras de agua fueron llevados a cabo en el laboratorio de INDUSER de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO 17025:2017(ISO/IEC 2017), encontrándose acreditado en el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha norma por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA).

**Tabla 4. Técnica y métodos analíticos empleados en el laboratorio INDUSER para el análisis de HAPs en agua con sus respectivos límites de cuantificación**

| <b>HAPs</b>           | <b>Técnica analítica</b> | <b>Método analítico</b>      | <b>Límite de cuantificación del método (µg/L)</b> |
|-----------------------|--------------------------|------------------------------|---|
| Naftaleno             | CG/EM                    | EPA 3535 – A /<br>EPA 8270 E | 0,03  |
| Acenaftileno          |                          |                              | 0,03  |
| Acenafteno            |                          |                              | 0,03  |
| Fluoreno              |                          |                              | 0,03  |
| Fenantreno            |                          |                              | 0,01  |
| Antraceno             |                          |                              | 0,01  |
| Fluoranteno           |                          |                              | 0,01  |
| Pireno                |                          |                              | 0,01  |
| Benzo[a]antraceno     |                          |                              | 0,01  |
| Criseno               |                          |                              | 0,01  |
| Benzo[b]fluoranteno   |                          |                              | 0,01  |
| Benzo[k]fluoranteno   |                          |                              | 0,01  |
| Benzo[a]pireno        |                          |                              | 0,01  |
| Dibenzo[a,h]antraceno |                          |                              | 0,01  |
| Benzo[g,h,i]perileno  |                          |                              | 0,01  |
| Indeno[c,d]pireno     |                          |                              | 0,01  |
| 2-metilnaftaleno      |                          |                              | 0,01  |
| 1,3-dimetilnaftaleno  |                          |                              | 0,01  |
| 1-metilfenantreno     | 0,01                     |                              |   |

*EPA 8270 E: Compuestos orgánicos semivolátiles por cromatografía gaseosa/espectrometría de masa (CG/EM).*

*EPA 3535 A: Extracción en fase sólida (SPE).*

## 2.4 Resultados

**Tabla 5. Parámetros medidos in situ en la Estación CL 0**

| Parámetros medidos in situ       | Campañas |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                  | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                                  | 04/01/21 | 01/02/21 | 08/03/21 | 06/04/21 | 03/05/21 | 07/06/21 | 05/07/21 | 02/08/21 | 06/09/21 | 04/10/21 | 09/11/21 | 06/12/21 |
| Hora                             | 15:12    | 15:15    | 15:49    | 14:00    | 15:00    | 14:03    | 14:40    | 13:31    | 13:30    | 12:26    | 11:18    | 10:52    |
| pH                               | 8,1      | 8,4      | 7,7      | 8,4      | 7,7      | 7,8      | 8,1      | 8,1      | 8,2      | 8,1      | 8,1      | 7,9      |
| Temperatura del agua (°C)        | 20,0     | 15,5     | 21,5     | 18,5     | 10,0     | 8,5      | 7,5      | 6,0      | 10,5     | 11,0     | 14,5     | 18,0     |
| Temperatura del aire (°C)        | 23,0     | 18,0     | 31,5     | 32,0     | 16,0     | 17,0     | 22,0     | 20,0     | 19,0     | 18,5     | 23,0     | 29,5     |
| Conductividad específica (µS/cm) | 700      | 770      | 880      | 870      | 820      | 780      | 840      | 820      | 850      | 740      | 550      | 800      |
| Oxígeno disuelto (mg/L)          | 9,0      | 8,9      | 8,6      | 9,6      | 9,8      | 11,3     | 11,7     | 10,5     | 10,5     | 10,6     | 9,9      | 9,5      |

*Río Barrancas, Barrancas, margen derecha, provincia de Neuquén- Período Enero-Diciembre 2021*

**Tabla 6. Concentraciones de metales/metaloideos en la columna de agua en la estación CL 0**

| <b>Metal/<br/>metaloide</b><br>( $\mu\text{g/L}$ ) | <b>Campañas</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|--|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|  | 1               | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|  | 04/01/21        | 01/02/21 | 08/03/21 | 06/04/21 | 03/05/21 | 07/06/21 | 05/07/21 | 02/08/21 | 06/09/21 | 04/10/21 | 09/11/21 | 06/12/21 |
| Arsénico   | 3±0,2           | 3±0,2    | 4±0,2    | 1±0,1    | 4±0,2    | 2±0,1    | < 1      | 3±0,2    | 2±0,1    | 2±0,1    | 4±0,2    | 14±0,7   |
| Cadmio   | <0,1            | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | 0,2±0,02 | 0,5±0,06 |
| Cinc   | 100±17          | <10      | <10      | <10      | 23±4     | <10      | < 10     | < 10     | 20±3     | <10      | 10±2     | 50±9     |
| Cobre  | 6±1,3           | 5±1,1    | 3±0,6    | <1       | 12±2,5   | 3±0,6    | < 1      | 3±0,6    | 9±1,9    | 3±0,6    | 7±1,5    | 15±3,2   |
| Cromo  | <1              | 4±0,6    | 7±1,1    | <1       | <1       | <1       | < 1      | < 1      | <1       | 3±0,5    | 5±0,8    | 5±0,8    |
| Mercurio   | <0,1            | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Molibdeno  | 2±0,3           | 4±0,7    | 4±0,7    | 3±0,5    | 2±0,3    | 3±0,5    | 2±0,3    | 3±0,5    | 3±0,5    | 2±0,3    | 5±0,9    | 9±1,5    |
| Níquel   | 7±1,3           | 11±2,0   | 3±0,5    | <1       | <1       | <1       | < 1      | < 1      | <1       | 5±0,9    | 8±1,4    | 15±2,7   |
| Plomo  | 6±1,9           | <1       | <1       | 3±1,0    | <1       | <1       | < 1      | < 1      | 2±0,6    | 2±0,6    | 7±2,2    | 40±12,8  |
| Selenio  | <1              | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | < 1      | < 1      | <1       | <1       | 8±1,4    | <1       |
| Uranio   | <1              | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | < 1      | < 1      | <1       | <1       | <1       | <1       |

Río Barrancas, Barrancas, margen derecha, provincia de Neuquén- Período Enero–Diciembre de 2021

**Tabla 7. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la estación CL 0**

| HAPs ( $\mu\text{g/L}$ ) <sup>(*)</sup> | Campañas |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|   | 04/01/21 | 01/02/21 | 08/03/21 | 06/04/21 | 03/05/21 | 07/06/21 | 05/07/21 | 02/08/21 | 06/09/21 | 04/10/21 | 09/11/21 | 06/12/21 |
| Naftaleno                               | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenaftileno                            | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenafteno                              | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fluoreno                                | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fenantreno                              | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Antraceno                               | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Fluoranteno                             | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Pireno                                  | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]antraceno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Criseno                                 | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[b]fluoranteno                     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[k]fluoranteno                     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]pireno                          | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Dibenzo[a,h]antraceno                   | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[g,h,i]perileno                    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Indeno[c,d]pireno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 2-metilnaftaleno                        | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1,3-dimetilnaftaleno                    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1-metilfenantreno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |

<sup>(\*)</sup> La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Río Barrancas, Barrancas, margen derecha, provincia de Neuquén - Período Enero-Diciembre 2021

**Tabla 8. Parámetros medidos in situ en la Estación CL 1**

| Parámetros medidos in situ       | Campañas |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                  | 1        | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
|                                  | 01/2021  | 02/2021 | 03/2021 | 04/2021 | 05/2021 | 06/2021 | 07/2021 | 08/2021 | 09/2021 | 10/2021 | 11/2021 | 12/2021 |
| Hora                             | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| pH                               | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Temperatura del agua (°C)        | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Temperatura del aire (°C)        | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Conductividad específica (µS/cm) | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Oxígeno disuelto (mg/L)          | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |

Río Grande, Bardas Blancas, margen derecha, provincia de Mendoza - Período Enero-Diciembre 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 9. Concentraciones de metales/metaloides en la columna de agua en la estación CL 1**

| <b>Metal/<br/>metaloides</b><br>( $\mu\text{g/L}$ ) | <b>Campañas</b> |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | 1               | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
|   | 01/2021         | 02/2021 | 03/2021 | 04/2021 | 05/2021 | 06/2021 | 07/2021 | 08/2021 | 09/2021 | 10/2021 | 11/2021 | 12/2021 |
| Arsénico  | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Cadmio  | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Cinc  | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Cobre   | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Cromo   | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Mercurio  | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Molibdeno   | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Níquel  | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Plomo   | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Selenio   | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Uranio  | s/d             | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |

Río Grande, Bardas Blancas, margen derecha, provincia de Mendoza - Período Enero–Diciembre de 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 10. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la estación CL 1**

| HAPs ( $\mu\text{g/L}$ ) | Campañas |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|--------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                          | 1        | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
|                          | 01/2021  | 02/2021 | 03/2021 | 04/2021 | 05/2021 | 06/2021 | 07/2021 | 08/2021 | 09/2021 | 10/2021 | 11/2021 | 12/2021 |
| Naftaleno                | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Acenaftileno             | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Acenafteno               | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Fluoreno                 | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Fenantreno               | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Antraceno                | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Fluoranteno              | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Pireno                   | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Benzo[a]antraceno        | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Criseno                  | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Benzo[b]fluoranteno      | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Benzo[k]fluoranteno      | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Benzo[a]pireno           | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Dibenzo[a,h]antraceno    | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Benzo[g,h,i]perileno     | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| Indeno[c,d]pireno        | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| 2-metilnaftaleno         | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| 1,3-dimetilnaftaleno     | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |
| 1-metilfenantreno        | s/d      | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     | s/d     |

Río Grande, Bardas Blancas, margen derecha, provincia de Mendoza - Período Enero–Diciembre de 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 11. Parámetros medidos in situ en la Estación CL 2**

| Parámetros medidos in situ       | Campañas |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                  | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                                  | 04/01/21 | 01/02/21 | 08/03/21 | 06/04/21 | 03/05/21 | 07/06/21 | 05/07/21 | 02/08/21 | 06/09/21 | 04/10/21 | 09/11/21 | 06/12/21 |
| Hora                             | 13:50    | 13:55    | 13:50    | 11:45    | 13:17    | 12:00    | 12:47    | 12:00    | 11:45    | 11:15    | 9:58     | 9:32     |
| pH                               | 8,2      | 8,3      | 7,2      | 8,2      | 7,8      | 8,0      | 7,9      | 7,8      | 8,1      | 7,8      | 7,5      | 7,4      |
| Temperatura del agua (°C)        | 19,0     | 16,0     | 20,0     | 17,0     | 10,5     | 8,0      | 6,5      | 6,5      | 11,0     | 11,0     | 15,0     | 20,0     |
| Temperatura del aire (°C)        | 29,0     | 18,0     | 28,5     | 24,0     | 13,0     | 13,0     | 18,0     | 16,0     | 17,0     | 22,0     | 21,0     | 27,0     |
| Conductividad específica (µS/cm) | 810      | 1070     | 1130     | 1180     | 1230     | 1120     | 1180     | 1230     | 1230     | 1060     | 750      | 960      |
| Oxígeno disuelto (mg/L)          | 8,4      | 8,5      | 9,1      | 9,5      | 10,0     | 11,2     | 10,3     | 11,0     | 10,5     | 10,4     | 9,9      | 8,7      |

*Río Colorado, Buta Ranquil, yacimiento El Portón, margen derecha, provincia de Neuquén - Período Enero-Diciembre 2021*

**Tabla 12. Concentraciones de metales/metaloides en la columna de agua en la estación CL 2**

| <b>Metal/<br/>metaloides</b><br>( $\mu\text{g/L}$ ) | <b>Campañas</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1               | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|   | 04/01/21        | 01/02/21 | 08/03/21 | 06/04/21 | 03/05/21 | 07/06/21 | 05/07/21 | 02/08/21 | 06/09/21 | 04/10/21 | 09/11/21 | 06/12/21 |
| Arsénico  | 7±0,4           | 10±0,5   | 6±0,3    | 2±0,1    | 2±0,1    | 2±0,1    | <1       | 2±0,1    | 16±0,8   | 2±0,1    | 3±0,2    | 1±0,1    |
| Cadmio  | 0,4±0,05        | 0,5±0,06 | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Cinc  | 60±10           | 70±12    | <10      | <10      | <10      | <10      | 20±3     | < 10     | 50±9     | <10      | <10      | <10      |
| Cobre   | 38±8,0          | 45±9,5   | 12±2,5   | 4±0,8    | 5±1,1    | 5±1,1    | 4±0,8    | 5±1,1    | 4±0,8    | 9±1,9    | 10±2,1   | 5±1,1    |
| Cromo   | 9±1,4           | 18±2,9   | 7±1,1    | 7±1,1    | <1       | <1       | < 1      | < 1      | <1       | 3±0,5    | 3±0,5    | 2±0,3    |
| Mercurio  | <0,1            | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Molibdeno   | 2±0,3           | 4±0,7    | 3±0,5    | 2±0,3    | 2±0,3    | 2±0,3    | 1±0,2    | 2±0,3    | 4±0,7    | 2±0,3    | 3±0,5    | 3±0,5    |
| Níquel  | 20±3,6          | 40±7,2   | 6±1,1    | 3±0,54   | <1       | <1       | < 1      | < 1      | <1       | 7±1,3    | 7±1,3    | 5±0,9    |
| Plomo   | 26±8,3          | 10±3,2   | <1       | 5±1,6    | <1       | <1       | < 1      | < 1      | <1       | 3±1,0    | 4±1,3    | 2±0,6    |
| Selenio   | <1              | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | < 1      | < 1      | <1       | <1       | 4±0,7    | <1       |
| Uranio  | <1              | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | < 1      | < 1      | <1       | <1       | <1       | <1       |

*Río Colorado, Buta Ranquil, yacimiento El Portón, margen derecha, provincia de Neuquén - Período Enero-Diciembre 2021*

**Tabla 13. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la estación CL 2**

| HAPs ( $\mu\text{g/L}$ ) <sup>(*)</sup> | Campañas |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|   | 04/01/21 | 01/02/21 | 08/03/21 | 06/04/21 | 03/05/21 | 07/06/21 | 05/07/21 | 02/08/21 | 06/09/21 | 04/10/21 | 09/11/21 | 06/12/21 |
| Naftaleno                               | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenaftileno                            | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenafteno                              | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fluoreno                                | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fenantreno                              | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Antraceno                               | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Fluoranteno                             | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Pireno                                  | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]antraceno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Criseno                                 | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[b]fluoranteno                     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[k]fluoranteno                     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]pireno                          | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Dibenzo[a,h]antraceno                   | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[g,h,i]perileno                    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Indeno[c,d]pireno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 2-metilnaftaleno                        | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1,3-dimetilnaftaleno                    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1-metilfenantreno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |

<sup>(\*)</sup> La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Río Colorado, Buta Ranquil, yacimiento El Portón, margen derecha, provincia de Neuquén. Período Enero-Diciembre 2021

**Tabla 14. Parámetros medidos in situ en la Estación CL 3**

| Parámetros medidos in situ       | Campañas |          |          |            |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                  | 1        | 2        | 3        | 4          | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                                  | 04/01/21 | 01/02/21 | 08/03/21 | 06/04/2021 | 03/05/21 | 07/06/21 | 05/07/21 | 02/08/21 | 06/09/21 | 04/10/21 | 09/11/21 | 06/12/21 |
| Hora                             | 12:20    | 12:15    | 10:30    | 09:30      | 10:30    | 10:10    | 10:50    | 10:15    | 10:00    | 09:50    | 08:22    | 7:58     |
| pH                               | 8,6      | 8,3      | 7,3      | 8,4        | 7,4      | 7,9      | 7,9      | 8,1      | 8,2      | 8,0      | 7,9      | 7,9      |
| Temperatura del agua (°C)        | 20,0     | 16,0     | 18,0     | 16,5       | 10,5     | 7,5      | 5,0      | 6,5      | 11,0     | 10,0     | 16,5     | 20,0     |
| Temperatura del aire (°C)        | 23,0     | 21,5     | 22,0     | 19,0       | 12,0     | 4,0      | 5,0      | 7,0      | 13,5     | 13,5     | 21,5     | 19,5     |
| Conductividad específica (µS/cm) | 920      | 1750     | 1170     | 1140       | 1190     | 1080     | 1170     | 1250     | 1200     | 1050     | 760      | 960      |
| Oxígeno disuelto (mg/L)          | 7,9      | 8,2      | 8,7      | 8,9        | 10,1     | 11,1     | 10,3     | 11,0     | 10,3     | 10,3     | 9,2      | 8,7      |

*Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, provincia de Neuquén- Período Enero-Diciembre 2021*

**Tabla 15. Concentraciones de metales/metaloides en la columna de agua en la Estación CL 3**

| <b>Metal/<br/>metaloides</b><br>( $\mu\text{g/L}$ ) | <b>Campañas</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1               | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|   | 04/01/21        | 01/02/21 | 08/03/21 | 06/04/21 | 03/05/21 | 07/06/21 | 05/07/21 | 02/08/21 | 06/09/21 | 04/10/21 | 09/11/21 | 06/12/21 |
| Arsénico  | 8±0,4           | 7±0,4    | 8±0,4    | 2±0,1    | 2±0,1    | 3±0,2    | <1       | 2±0,1    | 2±0,1    | 3±0,2    | 3±0,2    | 1±0,1    |
| Cadmio  | 0,5±0,06        | 0,5±0,06 | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Cinc  | 70±12           | 50±9     | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | 20±3     | <10      | <10      | <10      |
| Cobre   | 45±9,5          | 26±5,5   | 16±3,4   | 6±1,3    | 3±0,6    | 7±1,5    | 4±0,8    | 4±0,8    | 9±1,9    | 11±2,3   | 10±2,1   | 5±1,1    |
| Cromo   | 13±2,9          | 14±2,2   | 8±1,3    | 4±0,6    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 4±0,6    | 3±0,5    | 3±0,5    |
| Mercurio  | <0,1            | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Molibdeno   | 2±0,3           | 2±0,3    | 3±0,5    | 2±0,3    | 2±0,3    | 2±0,3    | 2±0,3    | 2±0,3    | 3±0,5    | 2±0,3    | 3±0,5    | 3±0,5    |
| Níquel  | 27±4,9          | 46±8,3   | 8±1,4    | 5±0,9    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 9±1,6    | 7±1,3    | 6±1,1    |
| Plomo   | 31±9,9          | 16±5,1   | <1       | 4±1,3    | <1       | <1       | <1       | <1       | 3±1,0    | 5±1,6    | 4±1,3    | 3±1      |
| Selenio   | <1              | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,4    | <1       |
| Uranio  | <1              | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       |

*Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, provincia de Neuquén- Período Enero-Diciembre 2021*

**Tabla 16. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la estación CL 3**

| HAPs ( $\mu\text{g/L}$ ) (*) | Campañas |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                              | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                              | 04/01/21 | 01/02/21 | 08/03/21 | 06/04/21 | 03/05/21 | 07/06/21 | 05/07/21 | 02/08/21 | 06/09/21 | 04/10/21 | 09/11/21 | 06/12/21 |
| Naftaleno                    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenaftileno                 | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenafteno                   | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fluoreno                     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fenantreno                   | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Antraceno                    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Fluoranteno                  | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Pireno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]antraceno            | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Criseno                      | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[b]fluoranteno          | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[k]fluoranteno          | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]pireno               | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Dibenzo[a,h]antraceno        | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[g,h,i]perileno         | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Indeno[c,d]pireno            | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 2-metilnaftaleno             | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1,3-dimetilnaftaleno         | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1-metilfenantreno            | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |

(\*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, provincia de Neuquén - Período Enero-Diciembre 2021

**Tabla 17. Parámetros medidos in situ en la Estación CL 4-a**

| Parámetros medidos in situ       | Campañas |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------------------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                  | 1        | 2       | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                                  | 01/2021  | 02/2021 | 09/03/21 | 07/04/21 | 04/05/21 | 08/06/21 | 06/07/21 | 03/08/21 | 07/09/21 | 05/10/21 | 08/11/21 | 07/12/21 |
| Hora                             | s/d      | s/d     | 12:15    | 09:47    | 11:05    | 11:20    | 10:37    | 10:45    | 10:17    | 10:15    | 09:58    | 09:01    |
| pH                               | s/d      | s/d     | 7,9      | 8,3      | 7,9      | 7,9      | 8,4      | 8,1      | 8,4      | 8,2      | 7,9      | 8,0      |
| Temperatura del agua (°C)        | s/d      | s/d     | 20,0     | 18,5     | 9,5      | 8,5      | 6,0      | 7,0      | 11,5     | 12,0     | 18,0     | 21,0     |
| Temperatura del aire (°C)        | s/d      | s/d     | 31,0     | 18,0     | 8,0      | 12,0     | 6,0      | 12,0     | 10,5     | 17,0     | 25,0     | 25,5     |
| Conductividad específica (µS/cm) | s/d      | s/d     | 1260     | 1270     | 1350     | 1200     | 1370     | 1320     | 1320     | 1120     | 740      | 990      |
| Oxígeno disuelto (mg/L)          | s/d      | s/d     | 8,6      | 8,9      | 9,2      | 11,2     | 10,3     | 10,3     | 10,3     | 10,2     | 8,9      | 8,5      |

Río Colorado, Punto Unido, margen izquierda, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, provincia de La Pampa - Período Enero-Diciembre 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 18. Concentraciones de metales/metaloides en la columna de agua en la Estación CL 4-a**

| <b>Metal/<br/>metaloides</b><br>( $\mu\text{g/L}$ ) | <b>Campañas</b> |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|-----------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1               | 2       | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|   | 01/2021         | 02/2021 | 09/03/21 | 07/04/21 | 04/05/21 | 08/06/21 | 06/07/21 | 03/08/21 | 07/09/21 | 05/10/21 | 08/11/21 | 07/12/21 |
| Arsénico  | s/d             | s/d     | 9±0,5    | 3±0,2    | 2±0,1    | 3±0,2    | 1±0,1    | 2±0,1    | 2±0,1    | 3±0,2    | 4±0,2    | 2±0,1    |
| Cadmio  | s/d             | s/d     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | 0,2±0,02 | <0,1     |
| Cinc  | s/d             | s/d     | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | 30±5     | 60±10    | 20±3     | <10      |
| Cobre   | s/d             | s/d     | 15±3,2   | 7±1,5    | 3±0,6    | 9±1,9    | 3±0,6    | 4±0,8    | 7±1,5    | 11±2,3   | 15±3,2   | 8±1,7    |
| Cromo   | s/d             | s/d     | 11±1,8   | 5±0,8    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 5±0,8    | 6±1,0    | 4±0,6    |
| Mercurio  | s/d             | s/d     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Molibdeno   | s/d             | s/d     | 4±0,7    | 2±0,3    | 2±0,3    | 3±0,3    | 3±0,5    | 2±0,3    | 3±0,5    | 2±0,3    | 3±0,5    | 3±0,5    |
| Níquel  | s/d             | s/d     | 9±1,6    | 5±0,9    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 10±1,8   | 12±2,2   | 7±1,3    |
| Plomo   | s/d             | s/d     | <1       | 4±1,3    | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,6    | 5±1,6    | 9±2,9    | 4±1,3    |
| Selenio   | s/d             | s/d     | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 3±0,5    | <1       |
| Uranio  | s/d             | s/d     | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       |

Río Colorado, Punto Unido, margen izquierda, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, provincia de La Pampa - Período Enero-Diciembre 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 19. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la estación CL 4-a**

| HAPs ( $\mu\text{g/L}$ ) (*) | Campañas |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|------------------------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                              | 1        | 2       | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                              | 01/2021  | 02/2021 | 09/03/21 | 07/04/21 | 04/05/21 | 08/06/21 | 06/07/21 | 03/08/21 | 07/09/21 | 05/10/21 | 08/11/21 | 07/12/21 |
| Naftaleno                    | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenaftileno                 | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenafteno                   | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fluoreno                     | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fenantreno                   | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Antraceno                    | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Fluoranteno                  | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Pireno                       | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]antraceno            | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Criseno                      | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[b]fluoranteno          | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[k]fluoranteno          | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]pireno               | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Dibenzo[a,h]antraceno        | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[g,h,i]perileno         | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Indeno[c,d]pireno            | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 2-metilnaftaleno             | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1,3-dimetilnaftaleno         | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1-metilfenantreno            | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |

(\*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Río Colorado, Punto Unido, margen izquierda, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, provincia de La Pampa - Período Enero-Diciembre 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 20. Parámetros medidos in situ en la Estación CL 5**

| Parámetros medidos in situ       | Campañas |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                  | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                                  | 05/01/21 | 02/02/21 | 09/03/21 | 07/04/21 | 04/05/21 | 08/06/21 | 06/07/21 | 03/08/21 | 07/09/21 | 05/10/21 | 08/11/21 | 07/12/21 |
| Hora                             | 10:20    | 10:30    | 10:15    | 08:30    | 09:50    | 09:50    | 09:30    | 09:30    | 09:20    | 09:10    | 09:02    | 07:54    |
| pH                               | 8,4      | 8,3      | 7,3      | 8,3      | 8,1      | 8,3      | 8,1      | 8,0      | 8,2      | 8,1      | 7,5      | 8,2      |
| Temperatura del agua (°C)        | 20,0     | 20,0     | 20,5     | 19,0     | 9,0      | 8,0      | 5,0      | 6,5      | 11,5     | 13,0     | 18,5     | 22,0     |
| Temperatura del aire (°C)        | 20,0     | 25,0     | 25,0     | 18,0     | 3,0      | 3,5      | 1,0      | 5,5      | 9,0      | 16,0     | 22,5     | 23,0     |
| Conductividad específica (µS/cm) | 1640     | 1380     | 1320     | 1380     | 1440     | 1250     | 1420     | 1370     | 1400     | 1180     | 790      | 1010     |
| Oxígeno disuelto (mg/L)          | 8,4      | 8,3      | 8,2      | 8,6      | 9,4      | 11,5     | 10,5     | 10,3     | 10,0     | 9,7      | 8,9      | 8,3      |

*Río Colorado, Pasarela Medanito, margen derecha, provincia de Río Negro - Período Enero-Diciembre 2021*

**Tabla 21. Concentraciones de metales metaloides en réplicas de columna de agua en la estación CL 5**

| <b>Metal/<br/>metaloides</b><br>( $\mu\text{g/L}$ ) | <b>Campañas</b> |                |              |             |             |              |             |             |              |              |                |              |
|---|-----------------|----------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
|   | 1               | 2              | 3            | 4           | 5           | 6            | 7           | 8           | 9            | 10           | 11             | 12           |
|   | 05/01/21        | 02/02/21       | 09/03/21     | 07/04/21    | 04/05/21    | 08/06/21     | 06/07/21    | 03/08/21    | 07/09/21     | 05/10/21     | 08/11/21       | 07/12/21     |
| Arsénico  | 10 $\pm$ 0,5    | 9 $\pm$ 0,5    | 7 $\pm$ 0,4  | 3 $\pm$ 0,2 | 3 $\pm$ 0,2 | 3 $\pm$ 0,2  | <1          | 2 $\pm$ 0,1 | 3 $\pm$ 0,2  | 3 $\pm$ 0,2  | 5 $\pm$ 0,3    | 3 $\pm$ 0,2  |
|   | 11 $\pm$ 0,6    | 9 $\pm$ 0,5    | 8 $\pm$ 0,4  | 3 $\pm$ 0,2 | 3 $\pm$ 0,2 | 3 $\pm$ 0,2  | 1 $\pm$ 0,1 | 2 $\pm$ 0,1 | 3 $\pm$ 0,2  | 3 $\pm$ 0,2  | 5 $\pm$ 0,3    | 3 $\pm$ 0,2  |
| Cadmio  | 0,3 $\pm$ 0,04  | 0,3 $\pm$ 0,04 | <0,1         | <0,1        | <0,1        | <0,1         | <0,1        | <0,1        | <0,1         | <0,1         | 0,2 $\pm$ 0,02 | <0,1         |
|   | 0,3 $\pm$ 0,04  | 0,3 $\pm$ 0,04 | <0,1         | <0,1        | <0,1        | <0,1         | <0,1        | <0,1        | <0,1         | <0,1         | 0,2 $\pm$ 0,02 | <0,1         |
| Cinc  | 70 $\pm$ 12     | 50 $\pm$ 9     | <10          | <10         | <10         | <10          | <10         | <10         | 20 $\pm$ 3   | 30 $\pm$ 5   | 30 $\pm$ 5     | <10          |
|   | 70 $\pm$ 12     | 50 $\pm$ 9     | <10          | <10         | <10         | <10          | <10         | <10         | <10          | <10          | 40 $\pm$ 7     | <10          |
| Cobre   | 43 $\pm$ 9,0    | 33 $\pm$ 7,0   | 20 $\pm$ 4,2 | 9 $\pm$ 0,2 | 4 $\pm$ 0,8 | 11 $\pm$ 2,3 | 4 $\pm$ 0,8 | 4 $\pm$ 0,8 | 11 $\pm$ 2,3 | 12 $\pm$ 2,5 | 19 $\pm$ 4,0   | 11 $\pm$ 2,3 |
|   | 45 $\pm$ 9,5    | 38 $\pm$ 8,0   | 19 $\pm$ 4,0 | 7 $\pm$ 1,5 | 5 $\pm$ 1,0 | 12 $\pm$ 2,5 | 4 $\pm$ 0,8 | 4 $\pm$ 0,8 | 9 $\pm$ 1,9  | 12 $\pm$ 2,5 | 18 $\pm$ 3,8   | 11 $\pm$ 2,3 |
| Cromo   | 23 $\pm$ 3,7    | 25 $\pm$ 4,0   | 14 $\pm$ 2,2 | 5 $\pm$ 0,8 | <1          | <1           | <1          | <1          | <1           | 5 $\pm$ 0,8  | 8 $\pm$ 1,3    | 6 $\pm$ 1,0  |
|   | 25 $\pm$ 4,0    | 28 $\pm$ 4,5   | 12 $\pm$ 1,9 | 4 $\pm$ 0,6 | <1          | <1           | <1          | <1          | <1           | 6 $\pm$ 1,0  | 10 $\pm$ 1,6   | 6 $\pm$ 1,0  |
| Mercurio  | <0,1            | <0,1           | <0,1         | <0,1        | <0,1        | <0,1         | <0,1        | <0,1        | <0,1         | <0,1         | <0,1           | <0,1         |
|   | <0,1            | <0,1           | <0,1         | <0,1        | <0,1        | <0,1         | <0,1        | <0,1        | <0,1         | <0,1         | <0,1           | <0,1         |
| Molibdeno   | <1              | <1             | 4 $\pm$ 0,7  | 3 $\pm$ 0,5 | 3 $\pm$ 0,5 | 3 $\pm$ 0,5  | 2 $\pm$ 0,3 | 3 $\pm$ 0,5 | 3 $\pm$ 0,5  | 2 $\pm$ 0,3  | 3 $\pm$ 0,5    | 3 $\pm$ 0,5  |
|   | <1              | <1             | 4 $\pm$ 0,7  | 2 $\pm$ 0,3 | 3 $\pm$ 0,5 | 3 $\pm$ 0,5  | 2 $\pm$ 0,3 | 3 $\pm$ 0,5 | 3 $\pm$ 0,5  | 2 $\pm$ 0,3  | 5 $\pm$ 0,9    | 3 $\pm$ 0,5  |
| Níquel  | 32 $\pm$ 5,8    | 35 $\pm$ 6,3   | 12 $\pm$ 2,2 | 5 $\pm$ 0,9 | <1          | <1           | <1          | <1          | <1           | 9 $\pm$ 1,6  | 14 $\pm$ 2,5   | 9 $\pm$ 1,6  |
|   | 33 $\pm$ 5,9    | 38 $\pm$ 6,8   | 11 $\pm$ 2,0 | 6 $\pm$ 1,1 | <1          | <1           | <1          | <1          | <1           | 9 $\pm$ 1,6  | 39 $\pm$ 7,0   | 9 $\pm$ 1,6  |
| Plomo   | 85 $\pm$ 27,2   | 9 $\pm$ 2,9    | <1           | 5 $\pm$ 1,6 | <1          | <1           | <1          | <1          | 4 $\pm$ 1,3  | 5 $\pm$ 1,6  | 11 $\pm$ 3,5   | 7 $\pm$ 2,2  |
|   | 88 $\pm$ 28,2   | 10 $\pm$ 3,2   | <1           | 5 $\pm$ 1,6 | <1          | <1           | <1          | <1          | 3 $\pm$ 1,0  | 5 $\pm$ 1,6  | 10 $\pm$ 3,2   | 6 $\pm$ 1,9  |
| Selenio   | <1              | <1             | <1           | <1          | <1          | <1           | <1          | <1          | <1           | <1           | 3 $\pm$ 0,5    | <1           |
|   | <1              | <1             | <1           | <1          | <1          | <1           | <1          | <1          | <1           | <1           | 2 $\pm$ 0,4    | <1           |
| Uranio  | <1              | <1             | <1           | <1          | <1          | <1           | <1          | <1          | <1           | <1           | <1             | <1           |
|   | <1              | <1             | <1           | <1          | <1          | <1           | <1          | <1          | <1           | <1           | <1             | <1           |

Río Colorado, Pasarela Medanita, margen derecha, provincia de Río Negro - Período Enero - Diciembre 2021

**Tabla 22. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la estación CL 5**

| HAPs ( $\mu\text{g/L}$ ) <sup>(*)</sup> | Campañas |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|   | 05/01/21 | 02/02/21 | 09/03/21 | 07/04/21 | 04/05/21 | 08/06/21 | 06/07/21 | 03/08/21 | 07/09/21 | 05/10/21 | 08/11/21 | 07/12/21 |
| Naftaleno                               | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenaftileno                            | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenafteno                              | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fluoreno                                | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fenantreno                              | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Antraceno                               | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Fluoranteno                             | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Pireno                                  | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]antraceno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Criseno                                 | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[b]fluoranteno                     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[k]fluoranteno                     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]pireno                          | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Dibenzo[a,h]antraceno                   | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[g,h,i]perileno                    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Indeno[c,d]pireno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 2-metilnaftaleno                        | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1,3-dimetilnaftaleno                    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1-metilfenantreno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |

<sup>(\*)</sup> La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Río Colorado, Pasarela Medanita, margen derecha, provincia de Río Negro - Período Enero–Diciembre 2021

**Tabla 23. Parámetros medidos in situ en la Estación CL 6**

| Parámetros medidos in situ       | Campañas |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                  | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                                  | 05/01/21 | 02/02/21 | 09/03/21 | 07/04/21 | 04/05/21 | 08/06/21 | 06/07/21 | 03/08/21 | 07/09/21 | 05/10/21 | 08/11/21 | 07/12/21 |
| Hora                             | 12:15    | 12:25    | 15:15    | 12:45    | 13:45    | 13:57    | 12:50    | 12:55    | 12:20    | 12:18    | 12:00    | 10:47    |
| pH                               | 7,9      | 8,2      | 8,0      | 8,1      | 8,0      | 7,9      | 7,9      | 8,0      | 8,1      | 8,2      | 8,0      | 8,0      |
| Temperatura del agua (°C)        | 20,5     | 22,0     | 22,0     | 19,0     | 16,0     | 13,0     | 8,5      | 9,0      | 9,5      | 13,5     | 16,5     | 20,5     |
| Temperatura del aire (°C)        | 24,0     | 28,0     | 36,0     | 22,0     | 13,0     | 17,0     | 13,0     | 20,0     | 14,0     | 22,0     | 29,0     | 29,0     |
| Conductividad específica (µS/cm) | 1150     | 1130     | 1120     | 1200     | 1210     | 1230     | 1280     | 1230     | 1290     | 1280     | 1330     | 1290     |
| Oxígeno disuelto (mg/L)          | 8,3      | 8,1      | 8,2      | 9,1      | 8,4      | 10,6     | 10,8     | 10,6     | 11,4     | 10,3     | 9,5      | 8,0      |

*Descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha, provincia de Río Negro - Período Enero-Diciembre 2021*

**Tabla 24. Concentraciones de metales/metaloides en la columna de agua en la estación CL 6**

| <b>Metal/<br/>metaloides</b><br>( $\mu\text{g/L}$ ) | <b>Campañas</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1               | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|   | 05/01/21        | 02/02/21 | 09/03/21 | 07/04/21 | 04/05/21 | 08/06/21 | 06/07/21 | 03/08/21 | 07/09/21 | 05/10/21 | 08/11/21 | 07/12/21 |
| Arsénico  | 2±0,1           | 3±0,2    | 2±0,1    | 2±0,1    | 2±0,1    | 2±0,1    | 2±0,1    | 3±0,2    | 2±0,1    | 2±0,1    | 3±0,2    | 1±0,1    |
| Cadmio  | <0,1            | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Cinc  | <10             | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      |
| Cobre   | 1±0,2           | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,4    | 2±0,4    | 3±0,6    | 2±0,4    | 2±0,4    | 3±0,6    | 3±0,6    |
| Cromo   | <1              | <1       | 2±0,3    | 2±0,3    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,3    |
| Mercurio  | <0,1            | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Molibdeno   | 3±0,5           | 5±0,9    | 3±0,5    | 4±0,7    | 3±0,5    | 4±0,7    | 3±0,5    | 4±0,7    | 4±0,7    | 3±0,5    | 5±0,9    | 4±0,7    |
| Níquel  | 3±0,5           | 11±2,0   | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 6±1,0    | 7±1,3    | 6±1,1    |
| Plomo   | <1              | <1       | <1       | 1±0,3    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 3±1,0    |
| Selenio   | <1              | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,4    | <1       |
| Uranio  | <1              | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       |

*Descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha, provincia de Río Negro- Período Enero-Diciembre 2021*

**Tabla 25. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la estación CL 6**

| HAPs ( $\mu\text{g/L}$ ) <sup>(*)</sup> | Campañas |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|   | 05/01/21 | 02/02/21 | 09/03/21 | 07/04/21 | 04/05/21 | 08/06/21 | 06/07/21 | 03/08/21 | 07/09/21 | 05/10/21 | 08/11/21 | 07/12/21 |
| Naftaleno                               | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenaftileno                            | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenafteno                              | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fluoreno                                | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fenantreno                              | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Antraceno                               | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Fluoranteno                             | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Pireno                                  | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]antraceno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Criseno                                 | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[b]fluoranteno                     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[k]fluoranteno                     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]pireno                          | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Dibenzo[a,h]antraceno                   | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[g,h,i]perileno                    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Indeno[c,d]pireno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 2-metilnaftaleno                        | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1,3-dimetilnaftaleno                    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1-metilfenantreno                       | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |

<sup>(\*)</sup> La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha, provincia de Río Negro - Período Enero-Diciembre 2021

**Tabla 26. Parámetros medidos in situ en la Estación CL 10-a**

| Parámetros medidos in situ       | Campañas |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------------------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                  | 1        | 2       | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                                  | 01/2021  | 02/2021 | 10/03/21 | 08/04/21 | 05/05/21 | 09/06/21 | 07/07/21 | 04/08/21 | 08/09/21 | 06/10/21 | 10/11/21 | 08/12/21 |
| Hora                             | s/d      | s/d     | 15:14    | 12:10    | 12:28    | 17:30    | 17:35    | 17:40    | 12:50    | 14:40    | 11:46    | 15:16    |
| pH                               | s/d      | s/d     | 8,1      | 8,3      | 8,2      | 8,1      | 8,3      | 8,2      | 8,5      | 8,3      | 8,1      | 8,3      |
| Temperatura del agua (°C)        | s/d      | s/d     | 22,0     | 21,0     | 13,0     | 11,0     | 8,5      | 12,5     | 14,0     | 15,0     | 20,0     | 21,5     |
| Temperatura del aire (°C)        | s/d      | s/d     | 34,0     | 23,0     | 15,5     | 14,0     | 14,0     | 20,0     | 13,0     | 17,0     | 26,5     | 18,0     |
| Conductividad específica (µS/cm) | s/d      | s/d     | 1180     | 1270     | 1600     | 1590     | 1620     | 1540     | 1520     | 1350     | 1440     | 1290     |
| Oxígeno disuelto (mg/L)          | s/d      | s/d     | 8,4      | 8,7      | 8,8      | 10,3     | 10,7     | 10,0     | 9,1      | 10,5     | 8,7      | 8,5      |

Río Colorado, Balneario, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 22, margen derecha, provincia de Río Negro - Período Enero-Diciembre 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 27. Concentraciones de metales/metaloides en la columna de agua en la estación CL 10-a**

| <b>Metal/<br/>metaloides</b><br>( $\mu\text{g/L}$ ) | <b>Campañas</b> |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|-----------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1               | 2       | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|   | 01/2021         | 02/2021 | 10/03/21 | 08/04/21 | 05/05/21 | 09/06/21 | 07/07/21 | 04/08/21 | 08/09/21 | 06/10/21 | 10/11/21 | 08/12/21 |
| Arsénico  | s/d             | s/d     | 3±0,2    | 2±0,1    | 2±0,1    | 2±0,1    | 1±0,1    | 3±0,2    | 2±0,1    | 2±0,1    | 3±0,2    | 2±0,1    |
| Cadmio  | s/d             | s/d     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Cinc  | s/d             | s/d     | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      |
| Cobre   | s/d             | s/d     | 3±0,6    | <1       | <1       | 2±0,4    | 3±0,6    | 3±0,6    | 2±0,4    | 3±0,6    | 3±0,6    | 3±0,6    |
| Cromo   | s/d             | s/d     | 2±0,3    | 2±0,3    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,3    | <1       | 2±0,3    |
| Mercurio  | s/d             | s/d     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Molibdeno   | s/d             | s/d     | 4±0,7    | 4±0,7    | 5±0,9    | 5±0,9    | 5±0,9    | 5±0,9    | 5±0,9    | 4±0,7    | 6±1,0    | 5±0,9    |
| Níquel  | s/d             | s/d     | <1       | 1±0,2    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 7±1,3    | 7±1,3    | 6±1,1    |
| Plomo   | s/d             | s/d     | <1       | 1±0,3    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,6    |
| Selenio   | s/d             | s/d     | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,4    | <1       |
| Uranio  | s/d             | s/d     | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       |

Río Colorado, Balneario, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 22, margen derecha, provincia de Río Negro- Período Enero-Diciembre 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 28. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la estación CL 10-a**

| HAPs ( $\mu\text{g/L}$ ) (*) | Campañas |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|------------------------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                              | 1        | 2       | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                              | 01/2021  | 02/2021 | 10/03/21 | 08/04/21 | 05/05/21 | 09/06/21 | 07/07/21 | 04/08/21 | 08/09/21 | 06/10/21 | 10/11/21 | 08/12/21 |
| Naftaleno                    | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenaftileno                 | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenafteno                   | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fluoreno                     | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fenantreno                   | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Antraceno                    | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Fluoranteno                  | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Pireno                       | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]antraceno            | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Criseno                      | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[b]fluoranteno          | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[k]fluoranteno          | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]pireno               | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Dibenzo[a,h]antraceno        | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[g,h,i]perileno         | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Indeno[c,d]pireno            | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 2-metilnaftaleno             | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1,3-dimetilnaftaleno         | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1-metilfenantreno            | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |

(\*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Río Colorado, Balneario, margen derecha, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 22, provincia de Río Negro - Período Enero-Diciembre 2021

s/d: Sin datos.

**Tabla 29. Parámetros medidos in situ en la Estación CL 10**

| <b>Parámetros medidos in situ</b> | <b>Campañas</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |
|-----------------------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|                                   | <i>1</i>        | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>11</i> | <i>12</i> |
|                                   | 01/2021         | 02/2021  | 10/03/21 | 08/04/21 | 05/05/21 | 09/06/21 | 07/07/21 | 04/08/21 | 08/09/21 | 06/10/21  | 10/11/21  | 08/12/21  |
| Hora                              | s/d             | s/d      | 13:12    | 10:45    | 11:00    | 16:45    | 16:30    | 16:40    | 11:48    | 13:45     | 10:10     | 14:15     |
| pH                                | s/d             | s/d      | 8,2      | 8,3      | 8,2      | 8,1      | 8,1      | 8,1      | 8,3      | 8,2       | 8,1       | 8,2       |
| Temperatura del agua (°C)         | s/d             | s/d      | 27,5     | 20,0     | 11,0     | 11,5     | 9,0      | 13,0     | 13,5     | 15,0      | 18,5      | 22,0      |
| Temperatura del aire (°C)         | s/d             | s/d      | 31,5     | 20,0     | 12,0     | 13,0     | 16,0     | 22,0     | 13,0     | 17,0      | 21,0      | 18,0      |
| Conductividad específica (µS/cm)  | s/d             | s/d      | 1180     | 1280     | 1600     | 1600     | 1640     | 1560     | 1530     | 1380      | 1450      | 1350      |
| Oxígeno disuelto (mg/L)           | s/d             | s/d      | 8,0      | 8,5      | 8,8      | 11,2     | 10,8     | 10,1     | 10,1     | 10,2      | 8,6       | 8,2       |

*Río Colorado, El Gualicho, margen derecha, provincia de Río Negro - Período Enero-Diciembre 2021*

*s/d: Sin datos*

**Tabla 30. Concentraciones de metales/metaloideos en la columna de agua en la estación CL 10**

| <b>Metal/<br/>metaloide</b><br>( $\mu\text{g/L}$ ) | <b>Campañas</b> |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|--|-----------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|  | 1               | 2       | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|  | 01/2021         | 02/2021 | 10/03/21 | 08/04/21 | 05/05/21 | 09/06/21 | 07/07/21 | 04/08/21 | 08/09/21 | 06/10/21 | 10/11/21 | 08/12/21 |
| Arsénico   | s/d             | s/d     | 2±0,1    | 2±0,1    | 2±0,1    | <1       | 1±0,05   | 3±0,2    | 2±0,1    | 3±0,2    | 3±0,2    | 2±0,1    |
| Cadmio   | s/d             | s/d     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Cinc   | s/d             | s/d     | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      | <10      |
| Cobre  | s/d             | s/d     | 2±0,4    | 2±0,4    | <1       | 2±0,4    | 3±0,6    | 3±0,6    | 2±0,4    | 3±0,6    | 4±0,8    | 4±0,8    |
| Cromo  | s/d             | s/d     | 3±0,5    | 2±0,3    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,3    | 2±0,3    | 2±0,3    |
| Mercurio   | s/d             | s/d     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     | <0,1     |
| Molibdeno  | s/d             | s/d     | 4±0,7    | 4±0,7    | 6±1,0    | 6±1,0    | 5±0,9    | 5±0,9    | 5±0,9    | 4±0,7    | 6±1,0    | 5±0,9    |
| Níquel   | s/d             | s/d     | <1       | 1±0,2    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 7±1,3    | 7±1,3    | 7±1,3    |
| Plomo  | s/d             | s/d     | <1       | 2±0,6    | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 2±0,6    |
| Selenio  | s/d             | s/d     | <0,1     | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | 4±0,7    | <1       |
| Uranio   | s/d             | s/d     | <0,1     | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       | <1       |

Río Colorado, El Gualicho, margen derecha, provincia de Río Negro - Período Enero-Diciembre 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 31. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la estación CL 10**

| HAPs ( $\mu\text{g/L}$ ) (*) | Campañas |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|------------------------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                              | 1        | 2       | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
|                              | 01/2021  | 02/2021 | 10/03/21 | 08/04/21 | 05/05/21 | 09/06/21 | 07/07/21 | 04/08/21 | 08/09/21 | 06/10/21 | 10/11/21 | 08/12/21 |
| Naftaleno                    | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenaftileno                 | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Acenafteno                   | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fluoreno                     | s/d      | s/d     | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    | <0,03    |
| Fenantreno                   | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Antraceno                    | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Fluoranteno                  | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Pireno                       | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]antraceno            | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Criseno                      | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[b]fluoranteno          | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[k]fluoranteno          | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[a]pireno               | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Dibenzo[a,h]antraceno        | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Benzo[g,h,i]perileno         | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| Indeno[c,d]pireno            | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 2-metilnaftaleno             | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1,3-dimetilnaftaleno         | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |
| 1-metilfenantreno            | s/d      | s/d     | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01    |

(\*) La incertidumbre expandida para los resultados informados es del 32% (intervalo de confianza del 95%)

Río Colorado, El Gualicho, margen derecha, provincia de Río Negro - Período Enero-Diciembre 2021

s/d: Sin datos

**Tabla 32. Resumen estadístico de las concentraciones de metales/metaloideos registradas de en el año 2021 en las estaciones de monitoreo del Subprograma de Calidad del Medio Acuático**

|                          | <i>As</i> | <i>Cd</i> | <i>Cr</i> | <i>Cu</i> | <i>Hg</i> | <i>Mo</i> | <i>Ni</i> | <i>Pb</i> | <i>Se</i> | <i>U</i> | <i>Zn</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Número de muestras       | 90        | 90        | 90        | 90        | 90        | 90        | 90        | 90        | 90        | 90       | 90        |
| Frecuencia detección (%) | 95,6      | 11,1      | 45,6      | 91,1      | 0         | 97,8      | 50        | 41,1      | 8,9       | 51       | 0         |
| Máximo (µg/L)            | 16        | 0,5       | 26,5      | 45        | <0,1      | 9         | 46        | 86,5      | 8         | <1       | 100       |
| Mínimo (µg/L)            | <1        | <0,1      | <1        | <1        | <0,1      | <1        | <1        | <1        | <1        | <1       | <10       |
| Media (µg/L)             | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -        | -         |
| Mediana (µg/L)           | 2,0       | <0,1      | <1        | 3,0       | <0,1      | 2         | 1,9       | 1         | <1        | 0,29     | 3,4       |
| Percentil 75 (µg/L)      | 3,0       | <0,1      | 1,6       | 8,0       | <1        | 3,0       | 5,0       | 4,0       | <1        | 1        | 12,8      |
| Percentil 95 (µg/L)      | 11,9      | <0,64     | 4,3       | 26,4      | <1        | 5,0       | 42,3      | 30,5      | <1        | 1,5      | 108,3     |

(*As*): arsénico, (*Cd*): cadmio, (*Cr*): cromo, (*Cu*): cobre, (*Hg*): mercurio, (*Mo*): molibdeno, (*Ni*): níquel, (*Pb*): plomo, (*Se*): selenio, (*U*) uranio, (*Zn*): cinc

## 2.5 Valores guía para la calidad del agua

Los resultados obtenidos en el análisis de metales/metaloides en muestras de agua fueron evaluados tomando como referencia valores guía que definen la aptitud del agua para diferentes usos (Organización Mundial de la Salud 2018; *Canadian Environmental Quality Guidelines*, 2014) (Tabla 33).

**Tabla 33. Valores guía para diferentes usos del agua**

| Parámetro | Valor guía ( $\mu\text{g/L}$ ) |                               |                                |                              |
|-----------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
|           | Agua tratada                   | Agua en condiciones naturales |                                |                              |
|           | Agua Potable <sup>(1)</sup>    | Irrigación <sup>(2)</sup>     | Ganadería <sup>(3)</sup>       | Vida acuática <sup>(4)</sup> |
| Arsénico  | 10                             | 100                           | 25                             | 5                            |
| Cadmio    | 3                              | 5,1                           | 80                             | 0,37(*)                      |
| Cinc      | (**)                           | 1.000-5.000 <sup>(5)</sup>    | 50.000                         | 7(***)                       |
| Cobre     | 2.000                          | 200 -1.000 <sup>(6)</sup>     | 500-1.000-5.000 <sup>(7)</sup> | 4(*)                         |
| Cromo     | 50 <sup>(8)</sup>              | 4,9-8,0 <sup>(9)</sup>        | 50 <sup>(10)</sup>             | 1,0–8,9 <sup>(11)</sup>      |
| Mercurio  | 6 <sup>(12)</sup>              | -                             | 3                              | 0,026                        |
| Molibdeno | (**)                           | 10-50 <sup>(13)</sup>         | 500                            | 73                           |
| Níquel    | 70                             | 200                           | 1.000                          | 150(*)                       |
| Plomo     | 10                             | 200                           | 100                            | 7(*)                         |
| Selenio   | 40                             | 20-50 <sup>(14)</sup>         | 50                             | 1                            |
| Uranio    | 30                             | 10                            | 200                            | 15                           |

(1) Guías para la calidad del agua de consumo humano, OMS (2018); (2) CCME, (2014) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Irrigation*; (3) CCME, (2014) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Livestock*; (4) CCME, (2014) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*; (5) 1.000  $\mu\text{g/L}$  cuando el pH del suelo es <6,5; 5.000  $\mu\text{g/L}$  cuando es >6,5; (6) 200  $\mu\text{g/L}$  para cereales; 1000  $\mu\text{g/L}$  para cultivos tolerantes; (7) 500  $\mu\text{g/L}$  para ovinos, 1000  $\mu\text{g/L}$  para bovinos, 5.000  $\mu\text{g/L}$  para porcinos; (8) Para cromo total; (9) 4,9  $\mu\text{g/L}$  para cromo trivalente, 8,0 para cromo hexavalente; (10) 50  $\mu\text{g/L}$  para cromo trivalente y hexavalente; (11) 1,0  $\mu\text{g/L}$  para cromo hexavalente, 8,9  $\mu\text{g/L}$  para cromo trivalente; (12) Para mercurio inorgánico. (13) La concentración no debe exceder 10  $\mu\text{g/L}$  para uso continuo en todos los suelos o 50  $\mu\text{g/L}$  para uso no prolongado en suelos ácidos. (14) 20  $\mu\text{g/L}$  para uso continuo en todos los suelos; 50  $\mu\text{g/L}$  para uso intermitente en todos los suelos. (\*) Los valores guía para la protección de la vida acuática para cadmio, cobre, níquel y plomo son los que recomienda la

última actualización de *Canadian Environmental Quality Guidelines* (15/01/2014) para valores de dureza total mayores de 180 mg/L. (\*\*) En la 4ª edición de las guías de la O.M.S. (2018) no se establece un valor guía basándose en que las concentraciones en el agua de consumo humano son tan bajas que no representan una preocupación para la salud. Concentraciones de cinc del orden de los 4.000 µg/L imparten al agua sabor objetable (\*\*\*) El valor guía de cinc para protección de la vida acuática fue reducido de 30 µg/L a 7 µg/L en 2018.

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 2014), los cuales figuran en la *Tabla 34*.

**Tabla 34. Valores guía para HAPs para la protección de la vida acuática**

| <b>Hidrocarburo</b> | <b>Valor guía<br/>(µg/L)</b> |
|---------------------|------------------------------|
| 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                        |

Fuente: *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2014*

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 2008, 2011). Este valor guía, en base a estimaciones de la potencia relativa de los HAPs, da protección para el resto de los miembros del grupo (WHO 1998, 2008).

## 2.6 *Discusión*

### 2.6.1 *Metales/metaloides*

Las concentraciones de los metales/metaloides detectados en el 2021, en algunas ocasiones (*Tablas 6, 12, 15, 18 y 21*) superaron el valor guía para el agua potable (*Tabla 33*). Tal es el caso del arsénico en diciembre en la estación CL 0, septiembre en la CL 2 y enero en la CL 5. En febrero, en la estación CL 2, debido a la incertidumbre de la medición, no puede establecerse si la concentración de este elemento fue superior o no al respectivo valor guía. En relación con el plomo, en diciembre en la estación CL 0, enero en la estación CL 2, enero y febrero en la estación CL 3 y CL 5 en enero, en tanto que en las estaciones CL 2 (febrero), CL 4-a (noviembre) y CL 5 (febrero y noviembre) no puede establecerse si, debido a la incertidumbre de la medición, los niveles de plomo detectados superaron o no el valor guía correspondiente.

Los restantes metales/metaloides fueron observados en concentraciones inferiores al valor guía para el agua potable que se ha tomado como referencia.

Con respecto al uso en ganadería, los valores guía para los distintos metales/metaloides no fueron superados en ninguna ocasión. En el caso del plomo, en enero en la estación CL 5, la incertidumbre de la medición no permite determinar si su valor guía fue superado o no.

Para irrigación fue superado el valor guía de cromo (trivalente y/o hexavalente) en el período de octubre a abril en la zona no regulada del río, estaciones CL 0, CL 2 (abril), CL 3, CL 4 (octubre) y CL 5 (abril y octubre). No obstante, el análisis realizado es el de cromo total, no discriminando entre las dos especies de cromo. En diciembre, en la estación CL 0, debido a la incertidumbre de la medición, no puede establecerse si la concentración de molibdeno superó o no el valor guía para uso continuo en todos los suelos.

En la mencionada zona (*Tablas 6, 12, 15, 18 y 21*) los valores guía para la protección de la vida acuática (*Tabla 33*) para arsénico, cadmio, cinc, cobre, cromo y plomo fueron superados en diversas oportunidades. En noviembre, las concentraciones de selenio para este uso del agua fueron superadas en todas las estaciones (CL 0, CL 2, CL 3, CL 4-a, CL 5, CL 6, CL 10-a y CL 10).

En la zona regulada del río, aguas abajo del embalse Casa de Piedra, en todos los casos las concentraciones halladas fueron inferiores al respectivo valor guía para

todos los usos (Tablas 24, 27, 30 y 33), no obstante, en algunos casos como el del cobre en noviembre y diciembre en la estación CL 10 la incertidumbre de la medición no permite confirmarlo. En relación con el cromo es superado en varios casos el valor guía para la especie hexavalente, no así la trivalente.

Con respecto al cinc, el valor guía para la protección de la vida acuática es 7 µg/L, en tanto que en repetidas oportunidades las concentraciones detectadas fueron inferiores al límite de cuantificación alcanzado por el laboratorio (10 µg/L), no siendo por lo tanto posible en estos casos determinar la situación en relación con dicho valor guía.

Al igual que en años anteriores, no hubo detección de mercurio en ninguno de los sitios muestreados. Sin embargo, el límite de cuantificación para este metal es superior al correspondiente valor guía para la protección de la vida acuática. Por lo tanto, la aptitud del agua para este uso no puede ser evaluada a través del análisis químico con el instrumental analítico disponible.

A los metales/metaloides detectados se les atribuye un origen natural, vinculado a la litología de la alta cuenca, ya que dichas sustancias generalmente presentan las concentraciones más elevadas en esa zona, la cual está libre de influencia antrópica. A partir de la variación temporal de los niveles de ciertos metales/metaloides en agua se infiere que su origen estaría vinculado al arrastre de material particulado producido por a la escorrentía superficial que tiene lugar en el período de fusión nival.

### *2.6.2 Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)*

No hubo detección de HAPs en ninguno de los sitios muestreados en el presente período de estudio.

Los resultados obtenidos indican que la calidad del agua no se encuentra afectada para ninguno de los usos por la presencia de HAPs.

## **2.7 *Ensayos ecotoxicológicos***

Como consecuencia de la pandemia COVID-19 no se realizaron los muestreos de agua para ensayos ecotoxicológicos debido a la imposibilidad de enviar las muestras al laboratorio de la Universidad Nacional de Luján por restricciones en el transporte. Por lo tanto, para el presente informe, no se dispone de esa información.

## Capítulo III: Calidad de los sedimentos de fondo

### 3.1 Introducción

El presente capítulo contiene los resultados de los análisis de metales/metaloides y de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) llevados a cabo con muestras de sedimentos de fondo extraídas en las estaciones de la red de monitoreo del Subprograma Calidad del Medio Acuático en octubre de 2021 (*Tabla 35*), a fin de verificar la aptitud de la calidad de dicho compartimento para el desarrollo de la vida acuática.

Debido a la pandemia COVID-19, en el presente año no se realizaron los muestreos de sedimentos de fondo para ensayos ecotoxicológicos, dado que existían problemas en el transporte de las muestras hasta la Universidad Nacional de Luján.

**Tabla 35. Estaciones de monitoreo de sedimentos de fondo**

| <b>Estación de muestreo</b>          | <b>Coordenadas geográficas</b>  |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Río Colorado</i>                  |                                 |
| Aguas abajo de Puesto Hernández      | S 37°18'04,03" - O 69°02'49,96" |
| <i>Embalse Casa de Piedra (toma)</i> |                                 |
| Sitio 1 a                            | S 38°12'32,7" - O 67°13'13,7"   |
| Sitio 1 b                            | S 38°12'51,8" - O 67°12'34,3"   |
| Sitio 1 c                            | S 38°12'59,5" - O 67°12'19,4"   |
| Sitio 2 a                            | S 38°12'17,7" - O 67°12'54,7"   |
| Sitio 2 b                            | S 38°12'35,7" - O 67°12'19,2"   |
| Sitio 2 c                            | S 38°12'41,8" - O 67°12'00,8"   |
| Sitio 3 a                            | S 38°12'00,3" - O 67°12'37,7"   |
| Sitio 3 b                            | S 38°12'15,4" - O 67°12'02,8"   |
| Sitio 3 c                            | S 38°12'23,1" - O 67°11'44,3"   |

### **3.2 Metodología de muestreo**

La preparación de los elementos para el muestreo y la obtención de las muestras de sedimentos de fondo se llevaron a cabo conforme a lo establecido en los respectivos Procedimientos Operativos Estándar, POE S001 (limpieza de envases y elementos de muestreo) y POE S002 (muestreo de sedimentos de fondo), realizados por COIRCO como parte del Aseguramiento de la Calidad del subprograma, los cuales se basan en los lineamientos generales dados en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 1998).

En el área de la toma del embalse Casa de Piedra, las muestras de sedimentos de fondo fueron extraídas desde una embarcación utilizándose una draga tipo *Eckman*.

Para efectuar el submuestreo de los sedimentos de fondo extraídos con la draga se emplearon elementos de vidrio previamente lavados con ácido nítrico al 5% (calidad ACS) y agua ultrapura (Tipo I, ASTM) para las muestras destinadas al análisis de metales/metaloideos, y con ácido nítrico 5% (calidad ACS) y acetona grado cromatográfico destinadas al análisis de hidrocarburos. Mediante dichos elementos se obtuvieron submuestras a partir de las porciones de sedimentos que no estuvieron en contacto con las paredes de la draga. Las submuestras obtenidas fueron homogeneizadas en recipientes de vidrio 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.

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. En una grilla se extrajeron 20 muestras, tomándose de cada una de ellas sendas submuestras de los primeros 5 cm de sedimento. Las 20 submuestras se homogeneizaron en recipientes de vidrio previamente lavados con ácido nítrico al 5% (calidad ACS) y enjuagados con agua ultrapura y posteriormente se separaron las porciones para enviar a cada uno de los laboratorios.

Los elementos utilizados para el muestreo, homogeneización y envasado fueron previamente lavados mediante el procedimiento antes descripto (POE S001).

Para el análisis de metales/metaloideos y HAPs las muestras de sedimentos de fondo fueron envasadas en recipientes de vidrio sometidos al procedimiento de

limpieza y fueron luego congeladas en freezer (-18°C) y enviadas a los laboratorios en ese estado.

### **3.3 Metodologías analíticas**

#### *3.3.1 Análisis de metales/metaloides*

Los análisis de metales/metaloides en sedimentos de fondo fueron llevados a cabo en el laboratorio de INDUSER de Lomas de Zamora. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2017). Del listado de metales/metaloides, solamente el ensayo de mercurio se encuentra acreditado por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA).

Las técnicas y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación figuran en la *Tablas 36*.

#### *3.3.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)*

Los análisis de HAPs en muestras de agua fueron llevados a cabo en el laboratorio de INDUSER de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2017).

La técnica y el método analítico empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la *Tabla 37*.

**Tabla 36. Técnicas y métodos analíticos empleados por el laboratorio de INDUSER en el análisis de metales/metaloideos en sedimentos de fondo y sus respectivos límites de cuantificación**

| <b>Elemento</b> | <b>Técnica analítica</b> | <b>Método analítico</b> | <b>Límite de cuantificación (<math>\mu\text{g/g}</math>)</b> |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|--|
| Arsénico        | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 3,0  |
| Bario           | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 1,25   |
| Boro            | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 2,0  |
| Cadmio          | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 0,60   |
| Cinc            | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 0,75   |
| Cobre           | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 0,625  |
| Cromo           | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 0,75   |
| Mercurio        | A.A. por vapor frío      | EPA 7471 B              | 0,1  |
| Molibdeno       | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 3,10   |
| Níquel          | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 0,63   |
| Plata           | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 0,150 (*)  |
| Plomo           | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 0,60   |
| Selenio         | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 1,50   |
| Vanadio         | ICP-OES                  | EPA 3051 A – 6010 D     | 0,31   |

*ICP-OES: espectrometría de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente.*

*EPA 7470 A: Absorción atómica por vapor frío.*

*(\*) El informe del laboratorio da la concentración del límite de cuantificación de plata hasta la tercera cifra decimal.*

**Tabla 37. Técnica y métodos analíticos empleados en el análisis de HAPs en sedimentos de fondo y sus respectivos límites de cuantificación**

| <b>HAPs</b>            | <b>Técnica analítica</b>                          | <b>Método analítico</b>  | <b>Límite de cuantificación (µg/g)</b> |
|------------------------|---|--------------------------|--|
| Naftaleno              | Cromatografía gaseosa con espectrometría de masas | EPA 3540 C<br>EPA 8270 E | 0,006                                  |
| Acenaftileno           |   |                          | 0,00587                                |
| Acenafteno             |   |                          | 0,006                                  |
| Fluoreno               |   |                          | 0,006                                  |
| Fenantreno             |   |                          | 0,006                                  |
| Antraceno              |   |                          | 0,006                                  |
| Fluoranteno            |   |                          | 0,006                                  |
| Pireno                 |   |                          | 0,006                                  |
| Benzo[a]antraceno      |   |                          | 0,006                                  |
| Criseno                |   |                          | 0,006                                  |
| Benzo[b]fluoranteno    |   |                          | 0,006                                  |
| Benzo[k]fluoranteno    |   |                          | 0,006                                  |
| Benzo[a]pireno         |   |                          | 0,006                                  |
| Dibenzo[a,h]antraceno  |   |                          | 0,006                                  |
| Benzo[g,h,i]perileno   |   |                          | 0,006                                  |
| Indeno[1,2,3-cd]pireno |   |                          | 0,006                                  |
| 2-metilnaftaleno       |   |                          | 0,006                                  |
| 1,3-dimetilnaftaleno   | 0,006   |                          |  |
| 1-metilfenantreno      | 0,006   |                          |  |

*EPA 8270 E: Compuestos orgánicos semivolátiles por cromatografía gaseosa/espectrometría de masa (CG/EM).*

*EPA 3540 C: extracción por SOXHLET de compuestos orgánicos no volátiles y semivolátiles a partir de sólidos como suelos, lodos y desechos*

Las incertidumbres de la medición de metales/metaloideos y HAPs fueron calculadas en el laboratorio de INDUSER mediante la metodología del manual *NORDTEST (B. Magnusson, T. Näykki, H. Hovind, M. Krysell, E. Sahlin, Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories, Nordtest Report TR 537, ed. 4, 2017)*.

### 3.4 Resultados

**Tabla 38. Metales/metaloideos en los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández**

| <i>Metal/metaloide</i> | <i>µg/g peso seco</i> |
|------------------------|-----------------------|
| Arsénico               | <3,0                  |
| Bario                  | 186±4                 |
| Boro                   | <2,0                  |
| Cadmio                 | <0,60                 |
| Cinc                   | 33,1±6                |
| Cobre                  | 7,8±1                 |
| Cromo                  | 7,0±1                 |
| Mercurio               | <0,1                  |
| Molibdeno              | <3,10                 |
| Níquel                 | 9,7±2                 |
| Plata                  | <0,15                 |
| Plomo                  | <0,60                 |
| Selenio                | <1,50                 |
| Vanadio                | 29,4±4,7              |

Octubre 2021

**Tabla 39. Metales/metaloides en los sedimentos de fondo en la toma del embalse Casa de Piedra**

| <b>Metal/<br/>metaloides<br/>(<math>\mu\text{g/g}</math>, peso<br/>seco)</b> | <b>Transectas</b> |                 |                 |                 |                |                 |                 |                |                 |
|--|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|  | 1a                | 1b              | 1c              | 2a              | 2b             | 2c              | 3a              | 3b             | 3c              |
| Arsénico   | <3,0              | <3,0            | <3,0            | <3,0            | <3,0           | <3,0            | <3,0            | <3,0           | <3,0            |
| Bario  | 56,6 $\pm$ 12,5   | 88,8 $\pm$ 19,4 | 129 $\pm$ 28,4  | 75,7 $\pm$ 16,7 | 102 $\pm$ 22,4 | 83,2 $\pm$ 18,3 | 80,9 $\pm$ 17,8 | 102 $\pm$ 22,4 | 71,9 $\pm$ 15,8 |
| Boro   | <2,0              | <2,0            | <2,0            | <2,0            | <2,0           | <2,0            | <2,0            | <2,0           | <2,0            |
| Cadmio   | <0,60             | <0,60           | <0,60           | <0,60           | <0,60          | <0,60           | <0,60           | <0,60          | <0,60           |
| Cinc   | 24,7 $\pm$ 4,2    | 35,2 $\pm$ 6,0  | 48,8 $\pm$ 8,3  | 33,8 $\pm$ 5,7  | 39,6 $\pm$ 6,7 | 35,3 $\pm$ 6,0  | 30,5 $\pm$ 5,2  | 35,9 $\pm$ 6,1 | 32,3 $\pm$ 5,5  |
| Cobre  | 17,1 $\pm$ 2,1    | 29,2 $\pm$ 3,5  | 38,5 $\pm$ 4,6  | 22,3 $\pm$ 2,7  | 25,7 $\pm$ 3,1 | 21,4 $\pm$ 2,6  | 16,2 $\pm$ 1,9  | 22,7 $\pm$ 2,7 | 17,3 $\pm$ 2,1  |
| Cromo  | 3,9 $\pm$ 0,6     | 6,0 $\pm$ 0,9   | 8,6 $\pm$ 1,3   | 5,0 $\pm$ 0,8   | 6,1 $\pm$ 0,9  | 5,8 $\pm$ 0,9   | 4,4 $\pm$ 0,7   | 5,9 $\pm$ 0,9  | 4,5 $\pm$ 0,7   |
| Mercurio   | <0,1              | <0,1            | <0,1            | <0,1            | <0,1           | <0,1            | <0,1            | <0,1           | <0,1            |
| Molibdeno  | <3,10             | <3,10           | <3,10           | <3,10           | <3,10          | <3,10           | <3,10           | <3,10          | <3,10           |
| Níquel   | 6,0 $\pm$ 1,1     | 8,0 $\pm$ 1,5   | 11,3 $\pm$ 2,1  | 6,4 $\pm$ 1,2   | 8,1 $\pm$ 1,5  | 7,4 $\pm$ 1,4   | 7,1 $\pm$ 1,3   | 8,7 $\pm$ 1,7  | 6,9 $\pm$ 1,3   |
| Plata  | <0,150            | <0,150          | <0,150          | <0,150          | <0,150         | <0,150          | <0,150          | <0,150         | <0,150          |
| Plomo  | <0,60             | <0,60           | <0,60           | <0,60           | <0,60          | <0,60           | <0,60           | <0,60          | <0,60           |
| Selenio  | <1,50             | <1,50           | <1,50           | <1,50           | <1,50          | <1,50           | <1,50           | <1,50          | <1,50           |
| Vanadio  | 32 $\pm$ 5,1      | 46,6 $\pm$ 7,5  | 63,3 $\pm$ 10,1 | 42,8 $\pm$ 6,8  | 51,3 $\pm$ 8,2 | 45,9 $\pm$ 7,3  | 40,4 $\pm$ 6,5  | 48,9 $\pm$ 7,8 | 41,7 $\pm$ 6,7  |

Octubre 2021

**Tabla 40. HAPs en los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández**

| <b>HAPs</b>           | <b>µg/g peso seco</b> |
|-----------------------|-----------------------|
| Naftaleno             | <0,006                |
| Acenaftileno          | <0,00587              |
| Acenafteno            | <0,006                |
| Fluoreno              | <0,006                |
| Fenantreno            | <0,006                |
| Antraceno             | <0,006                |
| Fluoranteno           | <0,006                |
| Pireno                | <0,006                |
| Benzo[a]antraceno     | <0,006                |
| Criseno               | <0,006                |
| Benzo[b]fluoranteno   | <0,006                |
| Benzo[k]fluoranteno   | <0,006                |
| Benzo[a]pireno        | <0,006                |
| Dibenzo[a,h]antraceno | <0,006                |
| Benzo[g,h,i]perileno  | <0,006                |
| Indeno[1,2,3cd]pireno | <0,006                |
| 2-metilnaftaleno      | <0,006                |
| 1,3-dimetilnaftaleno  | <0,006                |
| 1-metilfenantreno     | <0,006                |

Octubre 2021

<sup>(\*)</sup> La incertidumbre de la medición para HAPs es del 30%.

**Tabla 41. HAPs en los sedimentos de fondo en la toma del embalse Casa de Piedra**

| <b>HAPs</b><br><b>(µg/g, peso seco)</b> | <b>Transectas</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | 1a                | 1b       | 1c       | 2a       | 2b       | 2c       | 3a       | 3b       | 3c       |
| Naftaleno                               | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Acenaftileno                            | <0,00587          | <0,00587 | <0,00587 | <0,00587 | <0,00587 | <0,00587 | <0,00587 | <0,00587 | <0,00587 |
| Acenafteno                              | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Fluoreno                                | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Fenantreno                              | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Antraceno                               | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Fluoranteno                             | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Pireno                                  | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Benzo[a]antraceno                       | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Criseno                                 | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Benzo[b]fluoranteno                     | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Benzo[k]fluoranteno                     | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Benzo[a]pireno                          | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Dibenzo[a,h]antraceno                   | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Benzo[g,h,i]perileno                    | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| Indeno[1,2,3cd]pireno                   | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| 2-metilnaftaleno                        | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| 1,3-dimetilnaftaleno                    | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |
| 1-metilfenantreno                       | <0,006            | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   | <0,006   |

Octubre 2021

(\*) La incertidumbre de la medición para HAPs es del 30%.

### 3.5 Valores guía para la calidad de los sedimentos de fondo

Los resultados obtenidos en el análisis de metales/metaloideos y HAPs fueron evaluados tomando como referencia los valores guía para la protección de la vida acuática, publicados en *Canadian Environmental Quality Guidelines (CCME 2014)* los cuales figuran en las *Tablas 42 y 43*.

**Tabla 42. Valores guía y niveles de efecto probable de metales/metaloides en sedimentos de fondo de agua dulce para la protección de la vida acuática**

| <b>Metal/metaloide</b> | <b>Valor guía<br/>(<math>\mu\text{g/g}</math>, peso seco)</b> | <b>Nivel de Efecto Probable<br/>(<math>\mu\text{g/g}</math>, peso seco)</b> |
|------------------------|---|---|
| Arsénico               | 5,9   | 17,0  |
| Cadmio                 | 0,6   | 3,5   |
| Cinc                   | 123,0   | 315,0   |
| Cobre                  | 35,7  | 197,0   |
| Cromo (total)          | 37,3  | 90,0  |
| Mercurio               | 0,170   | 0,486   |
| Plomo                  | 35,0  | 91,3  |

Fuente: Canadian Environmental Quality Guidelines, CCME, 2014.

**Tabla 43. Valores guía de HAPs para la calidad de los sedimentos de aguas dulces para la protección de la vida acuática**

| <b>HAPs</b>           | <b>Valor guía<br/>(<math>\mu\text{g/g}</math>, peso seco)</b> | <b>Nivel de Efecto Probable<br/>(<math>\mu\text{g/g}</math>, peso seco)</b> |
|-----------------------|---|---|
| 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   |

Fuente: Canadian Environmental Quality Guidelines, CCME, 2014

### **3.6 *Discusión***

Tanto en los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández), como en los correspondientes al área de la toma del embalse Casa de Piedra, las concentraciones halladas de arsénico, boro, cadmio, mercurio, molibdeno, plata, plomo y selenio fueron inferiores a los respectivos límites de cuantificación del método. Dichos límites de cuantificación son a su vez inferiores a los correspondientes valores guía para la protección de la vida acuática, a excepción del cadmio, cuyo límite de cuantificación es coincidente con su valor guía. En el caso del boro, molibdeno, níquel, plata, selenio y vanadio esta situación no ha podido ser corroborada por no haber sido derivados hasta el presente valores guía para los mismos. En el caso del cromo en la transecta 1c del embalse casa de Piedra, la incertidumbre de medición no permite establecer si fue superado el valor guía para la protección de la vida acuática.

No hubo detección de HAPs en las muestras de sedimentos de fondo extraídas aguas abajo de Puesto Hernández y en el área de la toma del embalse Casa de Piedra.

## Capítulo IV: Evaluación de sustancias tóxicas en músculo de peces

### 4.1 Introducción

En el presente capítulo se presentan los resultados de los análisis de metales/metaloideos e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) realizados en muestras de músculo dorsal de peces capturados en el río Colorado (Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra en octubre de 2021, a fin de investigar la presencia de estas sustancias tóxicas, las cuales podrían significar un riesgo para la salud humana a través de su consumo.

En la *Tabla 44* se indican las estaciones de monitoreo de peces y su ubicación geográfica.

**Tabla 44. Estaciones de monitoreo de peces**

| <b>Cuerpo de agua</b>  | <b>Sitio de muestreo</b>             | <b>Coordenadas geográficas</b>   |
|------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Río Colorado           | Puesto Hernández                     | S 37°18'36,60"<br>O 69°03'02,40" |
| Embalse Casa de Piedra | Cercanías de la Villa Casa de Piedra | S 38°09'39,80"<br>O 67°10'16,30" |

### 4.2 Métodos de captura y obtención de las muestras

En el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández, se optó por reemplazar la pesca con redes agalleras por pescas activas con *casting net* (red de voleo) más la implementación de pesca eléctrica.

En el embalse Casa de Piedra las capturas se llevaron a cabo mediante redes agalleras.

La unidad de muestreo con redes fue una batería de redes agalleras (*Fukui Fishing Net Co. Ltd.*), compuesta por 7 (siete) paños armados de distinto tamaño de malla.

La pesca eléctrica se realizó con un equipo portátil *Smith-Root 15-D* equipado con un generador *Honda EX350*. El muestreo se realiza por aplicaciones sucesivas de pulsos eléctricos por unidad de tiempo en sitios costeros.

La pesca de *Casting Net* se efectuó con una red de voleo de 2,18 metros de radio (superficie de muestreo por lance = 15 m<sup>2</sup>). Normalmente se realizan entre 15 y 20 lances de esta, variando el número en función de las condiciones del momento.

La captura de peces en el río Colorado fue escasa lográndose solo 7 ejemplares de perquita espinuda con las artes de pesca empleadas en este lugar.

En el embalse Casa de Piedra se realizaron pescas en un sitio en el área adyacente a la presa del embalse, en cercanías de la Villa Casa de Piedra, sobre margen izquierda. Se caló una batería completa de redes agalleras (*Fukui Fishing Net Co. Ltd.*) compuestas por siete paños armados de distinto tamaño de malla.

Se realizó el cale de las redes al atardecer y se recuperaron a la mañana del día siguiente.

La pesca en este lugar fue abundante con sólo dos especies presentes: pejerrey bonaerense y carpa. Fueron capturados 381 ejemplares de pejerrey bonaerense y 135 de carpa. Se les extrajo las muestras de músculo dorsal a 15 pejerreyes y a 15 carpas.

Una vez obtenidos los peces fueron medidos (Largo Total, precisión 1 mm) y pesados (Peso Fresco Total, precisión 2 gr para los ejemplares mayores y 0,10 g para los ejemplares pequeños).

Inmediatamente después del pesado se realizó la disección de cada ejemplar extrayendo dos porciones de los paquetes musculares dorsales mediante la utilización de un cuchillo cerámico para evitar la posible contaminación por metales en el momento de la disección.

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 (POE P001 y POE P002) realizados por COIRCO como parte del Aseguramiento de la Calidad del subprograma, los cuales se basan en los lineamientos generales dados en *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 1998).

Las porciones musculares de cada especie íctica capturada fueron guardadas en recipientes de vidrio. Las muestras fueron subsiguientemente colocadas en una

heladera portátil conteniendo hielo, pasándolas luego a un *freezer* donde fueron almacenadas hasta su envío a los respectivos laboratorios.

### **4.3 Metodologías analíticas**

#### *4.3.1 Análisis de metales/metaloides*

Los análisis de metales/metaloides en muestra de músculo de peces fueron llevados a cabo en el laboratorio de INDUSER de la ciudad de Neuquén. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma *ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2017)*.

Las concentraciones medidas de los diferentes metales/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 por el laboratorio de INDUSER, mediante la metodología del manual *NORDTEST* (B. Magnusson, T. Näykki, H. Hovind, M. Krysell, E. Sahlin, *Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories, Nordtest Report TR 537*, ed. 4, 2017).

La técnica y el método analítico empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la *Tabla 45*.

**Tabla 45. Técnicas y métodos analíticos empleados por el laboratorio de INDUSER en el análisis de metales/metaloides en músculo de peces y sus respectivos límites de cuantificación**

| <i>Elemento</i> | <i>Técnica analítica</i> | <i>Método analítico</i> | <i>Límite de cuantificación (µg/g)</i> |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|--|
| Arsénico        | ICP-MS                   | EPA 3051 A – EPA 6020 B | 0,5                                    |
| Antimonio       |                          |                         | 0,5                                    |
| Bario           |                          |                         | 0,5                                    |
| Cadmio          |                          |                         | 0,5                                    |
| Cinc            |                          |                         | 5,0                                    |
| Cobre           |                          |                         | 1,0                                    |
| Cromo           |                          |                         | 0,5                                    |
| Hierro          |                          |                         | 5,0                                    |
| Molibdeno       |                          |                         | 0,5                                    |
| Níquel          |                          |                         | 0,5                                    |
| Plata           |                          |                         | 0,5                                    |
| Plomo           |                          |                         | 0,5                                    |
| Selenio         |                          |                         | 0,5                                    |
| Mercurio        |                          |                         | 0,1                                    |

*ICP-MS: espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo con detector de masas.*

*EPA 3051 A: digestión ácida asistida por microondas.*

#### *4.3.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)*

Los análisis de HAPs en muestras de músculo de peces fueron llevados a cabo en el laboratorio de INDUSER de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires. Este laboratorio cuenta con un sistema de calidad basado en la Norma *ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2017)*

La técnica y el método analítico empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la *Tabla 46*.

**Tabla 46. Técnicas y métodos analíticos empleados por el laboratorio de INDUSER en el análisis de HAPS en músculo de peces y sus respectivos límites de cuantificación**

| <b>HAPs</b>             | <b>Técnica analítica</b>                          | <b>Método analítico</b>  | <b>Límite de cuantificación (<math>\mu\text{g/g}</math>)</b> |
|-------------------------|---|--------------------------|--|
| Naftaleno               | Cromatografía gaseosa con espectrometría de masas | EPA 3540 C<br>EPA 8270 D | 0,0004   |
| Acenaftileno            |   |                          | 0,0004   |
| Acenafteno              |   |                          | 0,0004   |
| Fluoreno                |   |                          | 0,0004   |
| Fenantreno              |   |                          | 0,0004   |
| Antraceno               |   |                          | 0,0004   |
| Fluoranteno             |   |                          | 0,0004   |
| Pireno                  |   |                          | 0,0004   |
| Benzo(a)antraceno       |   |                          | 0,0004   |
| Criseno                 |   |                          | 0,0004   |
| Benzo(b)fluoranteno     |   |                          | 0,0004   |
| Benzo(k)fluoranteno     |   |                          | 0,0004   |
| Benzo(a)pireno          |   |                          | 0,0004   |
| Dibenzo(a,h)antraceno   |   |                          | 0,0004   |
| Benzo(g,h,i)perileno    |   |                          | 0,0004   |
| Indeno(1,2,3- cd)pireno |   |                          | 0,0004   |
| 2-metilnaftaleno        |   |                          | 0,0004   |
| 1,3-dimetilnaftaleno    | 0,0004  |                          |  |
| 1-metilfenantreno       | 0,0004  |                          |  |

*EPA 3540 C: extracción de compuestos orgánicos no volátiles y semivolátiles de sólidos*

#### 4.4 Resultados

**Tabla 47. Concentraciones de metales/metaloides halladas en el músculo dorsal de ejemplares de perquita espinuda aguas abajo de Puesto Hernandez**

| <i>Metal/metaloide</i><br>( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) | <i>Perquita espinuda</i> |
|--|--------------------------|
| Arsénico   | <0,5                     |
| Antimonio  | <0,5                     |
| Bario  | <0,5                     |
| Cadmio   | <0,5                     |
| Cinc   | 5,6 $\pm$ 1,3            |
| Cobre  | <1,0                     |
| Cromo  | <0,5                     |
| Hierro   | <5                       |
| Mercurio   | <0,1                     |
| Molibdeno  | <0,5                     |
| Níquel   | <0,5                     |
| Plata  | <0,5                     |
| Plomo  | <0,5                     |
| Selenio  | 1,5 $\pm$ 0,4            |

Octubre 2021

**Tabla 48. Concentraciones de metales/metaloideos halladas en el músculo dorsal de ejemplares de pejerrey bonaerense y carpa en el embalse casa de Piedra**

| <b>Metal/metaloide</b><br>( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) | <b>Pejerrey bonaerense</b> | <b>Carpa</b>  |
|--|----------------------------|---------------|
| Arsénico   | <0,5                       | <0,5          |
| Antimonio  | <0,5                       | <0,5          |
| Bario  | <0,5                       | <0,5          |
| Cadmio   | <0,5                       | <0,5          |
| Cinc   | 8,8 $\pm$ 2,1              | 6,4 $\pm$ 1,5 |
| Cobre  | <1,0                       | <1,0          |
| Cromo  | <0,5                       | <0,5          |
| Hierro   | <5                         | <5            |
| Mercurio   | <0,1                       | <0,1          |
| Molibdeno  | <0,5                       | <0,5          |
| Níquel   | <0,5                       | <0,5          |
| Plata  | <0,5                       | <0,5          |
| Plomo  | <0,5                       | <0,5          |
| Selenio  | <0,5                       | <0,5          |

Octubre 2021

**Tabla 49. Concentraciones de HAPs halladas en el músculo dorsal de ejemplares de perquita espinuda aguas abajo de Puesto Hernandez**

| <b>HAPs</b><br>( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) | <b>Perquita espinuda</b> |
|---|--------------------------|
| Naftaleno                                       | <0,0004                  |
| Acenaftileno                                    | <0,0004                  |
| Acenafteno                                      | <0,0004                  |
| Fluoreno  | <0,0004                  |
| Fenantreno                                      | <0,0004                  |
| Antraceno                                       | <0,0004                  |
| Fluoranteno                                     | <0,0004                  |
| Pireno  | <0,0004                  |
| Benzo[a]antraceno                               | <0,0004                  |
| Criseno   | <0,0004                  |
| Benzo[b]fluoranteno                             | <0,0004                  |
| Benzo[k]fluoranteno                             | <0,0004                  |
| Benzo[a]pireno                                  | <0,0004                  |
| Dibenzo[a,h]antraceno                           | <0,0004                  |
| Benzo[g,h,i]perileno                            | <0,0004                  |
| Indeno[c,d]pireno                               | <0,0004                  |
| 2-metilnaftaleno                                | <0,0004                  |
| 1,3-dimetilnaftaleno                            | <0,0004                  |
| 1-metilfenantreno                               | <0,0004                  |

Octubre 2021

**Tabla 50. Concentraciones de HAPs halladas en el músculo dorsal de pejerrey bonaerense y carpa en el embalse casa de Piedra**

| <b>Metal/metaloide</b><br>( $\mu\text{g/g}$ , peso húmedo) | <b>Pejerrey bonaerense</b> | <b>Carpa</b> |
|--|----------------------------|--------------|
| Naftaleno  | <0,0004                    | <0,0004      |
| Acenaftileno   | <0,0004                    | <0,0004      |
| Acenafteno   | <0,0004                    | <0,0004      |
| Fluoreno   | <0,0004                    | <0,0004      |
| Fenantreno   | <0,0004                    | <0,0004      |
| Antraceno  | <0,0004                    | <0,0004      |
| Fluoranteno  | <0,0004                    | <0,0004      |
| Pireno   | <0,0004                    | <0,0004      |
| Benzo[a]antraceno  | <0,0004                    | <0,0004      |
| Criseno  | <0,0004                    | <0,0004      |
| Benzo[b]fluoranteno  | <0,0004                    | <0,0004      |
| Benzo[k]fluoranteno  | <0,0004                    | <0,0004      |
| Benzo[a]pireno   | <0,0004                    | <0,0004      |
| Dibenzo[a,h]antraceno                                      | <0,0004                    | <0,0004      |
| Benzo[g,h,i]perileno                                       | <0,0004                    | <0,0004      |
| Indeno[c,d]pireno  | <0,0004                    | <0,0004      |
| 2-metilnaftaleno   | <0,0004                    | <0,0004      |
| 1,3-dimetilnaftaleno                                       | <0,0004                    | <0,0004      |
| 1-metilfenantreno  | <0,0004                    | <0,0004      |

Octubre 2021

#### **4.5 Límites máximos de tolerancia para el consumo humano**

Los resultados obtenidos en el análisis de metales/metaloides fueron evaluados tomando como referencia los límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos para productos de la pesca (*Res. ex-SENASA N°533 del 10/05/94*), en el Código Alimentario Argentino (ANMAT 2017), los cuales se muestran en la *Tabla 51*.

**Tabla 51. Límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos en peces y productos de la pesca**

| <b>Metal/metaloide</b> | <b>Límite (<math>\mu\text{g/g}</math>)</b> |
|------------------------|--|
| Antimonio              | 20 <sup>(1)</sup>                          |
| Arsénico               | 1 <sup>(1)</sup>                           |
| Bario                  | 500 <sup>(1)</sup>                         |
| Boro                   | 100 <sup>(1)</sup>                         |
| Cadmio                 | 5 <sup>(1)</sup>                           |
| Cinc                   | 100 <sup>(1)</sup>                         |
| Cobre                  | 10 <sup>(1)</sup>                          |
| Cromo                  | -  |
| Hierro                 | 500 <sup>(1)</sup>                         |
| Mercurio               | 0,5 <sup>(1,2)</sup>                       |
| Molibdeno              | -  |
| Níquel                 | 150 <sup>(1)</sup>                         |
| Plata                  | 1 <sup>(1)</sup>                           |
| Plomo                  | 20 <sup>(1)</sup>                          |
| Selenio                | 0,3 <sup>(1)</sup>                         |

Fuentes: SENASA y Código Alimentario Argentino

<sup>(1)</sup> SENASA (Res. Ex-SENASA N° 533 – 10/05/94) <sup>(2)</sup> Código alimentario argentino - Capítulo VI – Alimentos Cárneos y Afines: (Res 846, 30.7.76) "La carne de pescados frescos, moluscos o crustáceos, así como la de sus conservas, no deberá contener mercurio en cantidad superior a 0,5 mg/kg (0,5 ppm) y de esa cifra no más de 0,3 mg/kg (0,3 ppm) (expresada como mercurio) podrá encontrarse como compuestos metilmercuriales."

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).

## **4.6 *Discusión***

El cinc fue detectado en el músculo dorsal de las especies de peces capturadas tanto en el río Colorado (perquita espinuda) como en el embalse Casa de Piedra (pejerrey bonaerense y carpa), en concentraciones muy inferiores al límite máximo de tolerancia para el consumo humano (Tablas 47, 48 y 51). Por su parte, el selenio solo fue detectado en la perquita espinuda del río Colorado, igualmente en concentraciones muy inferiores al límite establecido (Tabla 47).

No hubo detección de HAPs en esta matriz con un límite de cuantificación inferior a la concentración que permite un consumo irrestricto de pescado.

## Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en la ejecución del Subprograma Calidad del Medio Acuático en el período de estudio 2021 pueden extraerse las siguientes conclusiones:

#### *Calidad del agua:*

Las restricciones a la circulación impuestas por la pandemia COVID-19 determinaron la imposibilidad de hacer muestreos en algunas de estaciones de monitoreo del subprograma y la realización de ciertos ensayos. Sobre los resultados de análisis químicos obtenidos en las restantes estaciones puede establecerse que:

- Al igual que en años anteriores, los resultados obtenidos muestran la estacionalidad en la detección de ciertos metales/metaloideos, vinculada al período de fusión nival en la alta cuenca y al transporte por escorrentía del material particulado que los contiene hacia los cursos de agua.
- En la zona no regulada del río, los valores guía para ciertos usos del agua en esta zona pueden ser superados transitoriamente; no obstante, la presencia del embalse Casa de Piedra determina la sedimentación del material particulado y, como consecuencia, la no detección de metales/metaloideos aguas abajo del mismo.
- Por las razones ya expresadas, en el presente ciclo las concentraciones de arsénico en la zona no regulada del río en algunas ocasiones superaron el valor guía para agua potable tomado como referencia. Al ser este evento de corta duración y estar ligado al elevado contenido de material particulado arrastrado por la escorrentía se considera que no afecta la calidad del agua para ser usada como fuente de agua potable. El resto del año las concentraciones de este parámetro fueron inferiores al valor guía.
- Aguas abajo del embalse Casa de Piedra, las concentraciones de los metales y metaloides analizados estuvieron por debajo de los valores guía para agua potable utilizados como referencia, y en la mayoría de los casos no fueron

detectados. Este hecho es debido a la retención de los sólidos en el embalse por sedimentación.

- Para el uso del agua en ganadería las concentraciones de metales/metaloides detectadas indicaron que su calidad era apta para tal fin.
- Para irrigación, en la zona no regulada del río, el valor guía del cromo fue superado en diversas ocasiones durante el período de fusión
- La no detección de HAPs en todas las estaciones muestreadas indicaron la ausencia de riesgo para los usos pertinentes (fuente de agua potable e irrigación).
- A pesar de las limitaciones que enfrentó la ejecución del subprograma por las razones ya expuestas y la carencia de ensayos ecotoxicológicos como complemento de los análisis químicos, los resultados disponibles permiten establecer que el recurso mantiene su aptitud para ser usado como fuente de agua potable, en irrigación y en ganadería.
- En esta ocasión, la imposibilidad de realizar los ensayos ecotoxicológicos no permitió establecer la posible significación de la superación de ciertos valores guía de metales/metaloides para la protección de la vida acuática. En otro caso, como el del mercurio, debido a las limitaciones del instrumental disponible para alcanzar el límite de cuantificación requerido, no fue posible verificar el cumplimiento del valor guía para el mencionado uso del agua.

#### Calidad de los sedimentos de fondo

Los niveles de metales/metaloides en general, y la no detección de HAPs en sedimentos de fondo en el río Colorado y del embalse Casa de Piedra, indicaron la ausencia de riesgo para el desarrollo de la vida acuática. Sin embargo, la imposibilidad de realizar los ensayos ecotoxicológicos no permite la evaluación de estos factores para la protección de la vida acuática.

#### Evaluación de sustancias tóxicas en músculo de peces

Los resultados del análisis químico del músculo dorsal de las especies de peces capturadas pusieron de manifiesto la no existencia de un riesgo para el consumo humano.

Los límites de cuantificación de HAPs alcanzados por el laboratorio permiten medir niveles de estas sustancias para los cuales es posible el consumo irrestricto de pescado sin riesgo para la salud humana.

## **5.2 Recomendaciones**

A partir de 2000, en base al diagnóstico logrado a través del Programa de Relevamiento y Monitoreo de Calidad de Aguas del Sistema Río Colorado-Embalse Casa de Piedra, se propuso llevar a cabo anualmente un programa de monitoreo que contemplara el seguimiento de las sustancias seleccionadas en función de su presencia y su significación toxicológica en los distintos compartimentos del ambiente acuático (columna de agua, sedimentos de fondo y peces).

Para tal fin, se llevó a cabo el diseño del Subprograma “Calidad del Medio Acuático” el cual ha servido al propósito de verificar la evolución a través del tiempo de la situación diagnosticada en el período 1997–1999 y su significación para la aptitud del agua para los usos a que es sometida en la cuenca.

Su estructura está basada en lo observado en el Programa de Relevamiento y Monitoreo antes mencionado que permitió individualizar los parámetros cuyo control surgía como relevante en función de su detección en las distintas matrices investigadas, sus propiedades toxicológicas, independientemente de la existencia o no de valores guía de calidad, contemplándose el empleo de ensayos ecotoxicológicos como complemento en el caso de no existir dichos valores guía.

Por lo tanto, se recomienda continuar con el monitoreo de metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares en columna de agua y en sedimentos de fondo en las estaciones establecidas al efecto en la cuenca del río Colorado, así como la evaluación de la presencia de sustancias tóxicas en las partes comestibles de pescado.

También se recomienda retomar la realización de los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua y con sedimentos de fondo del río Colorado como complemento del análisis químico en los sitios designados para ese fin con el objeto de contar con una herramienta que permita evaluar situaciones en las cuales aún no han sido desarrollado valores guía de calidad o confirmar resultados obtenidos a través de esos análisis.

## 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  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

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

**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 ( $\text{mS}/\text{m}$ ). En la práctica es más corriente el empleo de microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

**Cromatografía en fase gaseosa:** técnica analítica para la separación y cuantificación de sustancias químicas basada en las diferencias en la partición de estas 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.

**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 con 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.

**Espectrometría de emisión óptica:** técnica analítica basada en la medición de la intensidad de las líneas del espectro de emisión atómica que producen los átomos ionizados a elevadas temperaturas.

**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 ambientalmente disponible.

**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.

**Litología:** es la parte de la geología que estudia las rocas en relación con su estructura, color, características físicas y químicas, tamaño de grano, tamaño de las partículas y la disposición de sus partes componentes.

**Metal pesado:** metales de densidad mayor que  $4,5 \text{ g/cm}^3$  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. Se ubican en la Tabla Periódica entre estos últimos.

**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 ion hidrógeno.

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

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

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

**Toxicidad 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.

**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).

## Bibliografía

- ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica), 2017, Capítulo VI –Alimentos Cárneos y Afines – Actualizado 10/2017.
- 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), 1993, *Guidance Manual on Sampling, Analysis, and Data Management for Contaminated Sites – Volume I: Main Report – Glossary – Report CCME EPC-NCS62E*.
- 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), 2012, *Canadian Environmental Quality Guidelines*, Canada
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2014, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses - Irrigation*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2014, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses - Livestock*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2014, *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, Canadian Environmental Quality Guidelines.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2014, *Canadian Environmental Quality Guidelines*.

- CCREM (Canadian Council of Resources and Environment Ministers), 1986, *Canadian Water Quality Guidelines–Glossary*.
- 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*.
- ISO/IEC (International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission), 2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- Salas, H.J., Dos Santos, J.L., Fernícola, N., 1987, *Manual de Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales*, CEPIS, OPS, OMS.
- Llambías, E. J., 2008, *El distrito volcánico de la Payunia: un paisaje lunar en nuestro planeta*. Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. Buenos Aires, p. 264- 280.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2008, *Guías para la Calidad del Agua Potable*, Volumen 1: Recomendaciones, Tercera Edición.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2018, *Guías para la Calidad del Agua de Consumo*. 4<sup>ta</sup>-edición incorporando la primera adenda, Ginebra.
- Scotti, A. y Torres, D.N., 2012, *Caracterización de cenizas del volcán Peteroa*, En José Ruzzante y M. Isabel López Pumarega (eds.) Cuadernos ICES 5, 1ed., Comisión Nacional de Energía Atómica, 70p, Buenos Aires.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) 1968, *Decreto 4238/68. Capítulo XXIII – 23. Productos de la pesca, 23.14.8 – Tolerancia en el tenor de diversas sustancias*.
- Sruoga, P., 2002. *El volcanismo reciente y riesgo asociado en la provincia de Mendoza*. En Trombotto, D. y Villalba, R. (eds) IANIGLA, 30 años de investigación básica y aplicada en Ciencias Ambientales. 255-260p, Mendoza
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), 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*.
- WHO (World Health Organization), 1998, *Guidelines for drinking-water quality*, Second edition, Addendum to Volume 2, Health criteria and other supporting information, Geneva.
- WHO (World Health Organization), 2008, *Guidelines for drinking-water quality*, Third edition, incorporating the first and second addenda, Geneva.
- WHO (World Health Organization), 2011, *Guidelines for drinking-water quality*, Fourth edition, Geneva.



Sede Operativa: Belgrano 366 – (B8000IJH) Bahía Blanca – Argentina

(0291) 455-1054/3054

[coirco@coirco.gov.ar](mailto:coirco@coirco.gov.ar) – [www.coirco.gov.ar](http://www.coirco.gov.ar)