

Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado

Subprograma Calidad del Medio Acuático

**Informe anual
2020**



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

[Página dejada intencionalmente en blanco]

PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE AGUAS DEL RÍO COLORADO

AÑO 2020

SUBPROGRAMA CALIDAD DEL MEDIO ACUÁTICO

AUTOR

Bioq. Ricardo Alcalde



Aprobado por el Comité Ejecutivo del COIRCO, en reunión ordinaria mensual, celebrada el 24/06/2022 con la presencia de los representantes provinciales y del representante de la Nación, en ejercicio de la Presidencia. Se autoriza la utilización de la información que contiene, siempre que se cite la fuente.

GRUPO INTEREMPRESARIO

YPF SA; Pluspetrol SA; Vista Oil & Gas Argentina SA; Chevron Energía SA;
Petroquímica Comodoro Rivadavia SA - Pampetrol; Oldelval SA;
Madalena Energy Argentina SRL; Medanito SA;
Petróleos Sudamericanos SA; San Jorge Petroleum SA; President Petroleum SA.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Capítulo 1 – Introducción | 7 |
| 1.1 Introducción | 9 |
| 1.2 La Cuenca del río Colorado | 11 |
| 1.2.1 Río Grande | 11 |
| 1.2.2 Río Barrancas..... | 11 |
| 1.2.3 Río Colorado | 12 |
| 1.2.4 Usos del agua en la cuenca | 13 |
| 1.2.5 Actividad petrolera en la cuenca del río Colorado | 13 |
| 1.3 Programa integral de calidad de aguas | 14 |
| 1.3.1 Subprograma Calidad del Medio Acuático | 15 |
| 1.3.2 Año 2020 | 19 |
| Referencias | 21 |
| | |
| Capítulo 2 - Calidad del agua | 23 |
| 2.1 Introducción | 25 |
| 2.2 Metodología de muestreo y mediciones <i>in situ</i> | 27 |
| 2.3 Metodologías analíticas | 28 |
| 2.3.1 Análisis de metales/metaloides..... | 28 |
| 2.3.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)..... | 30 |
| 2.4 Resultados..... | 31 |
| 2.4.1 Parámetros medidos in situ, metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) | 31 |
| 2.4.2 Valores guía | 58 |
| 2.4.3 Discusión..... | 60 |
| 2.5 Ensayos ecotoxicológicos..... | 62 |
| 2.6 Conclusiones..... | 62 |
| Referencias..... | 63 |
| | |
| Capítulo 3 - Calidad de los sedimentos de fondo | 65 |
| 3.1 Introducción | 67 |
| 3.2 Estaciones de monitoreo | 67 |
| 3.3 Metodología de muestreo | 68 |
| 3.4 Metodologías analíticas | 69 |
| 3.4.1 Análisis de metales/metaloides..... | 69 |
| 3.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)..... | 69 |
| 3.5 Resultados..... | 71 |
| 3.5.1 Metales y metaloides | 71 |
| 3.5.2 Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) | 73 |
| 3.6 Valores guía..... | 75 |
| 3.7 Discusión..... | 76 |
| 3.8 Conclusiones..... | 76 |
| Referencias..... | 77 |

| | |
|--|-----------|
| Capítulo 4 - Evaluación de sustancias tóxicas en músculo de peces | 79 |
| 4.1 Introducción | 81 |
| 4.2 Estaciones de monitoreo | 81 |
| 4.3 Métodos de captura y obtención de las muestras | 81 |
| 4.4 Metodologías analíticas | 83 |
| 4.4.1 Análisis de metales y metaloides | 83 |
| 4.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) | 84 |
| 4.5 Resultados | 85 |
| 4.5.1 Metales/metaloides | 85 |
| 4.5.2 Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) | 86 |
| 4.6 Límites máximos de tolerancia para el consumo humano | 87 |
| 4.7 Conclusiones generales | 88 |
| Referencias | 88 |
| | |
| Conclusiones y Recomendaciones | 89 |
| Conclusiones | 91 |
| Recomendaciones | 92 |
| | |
| Glosario | 93 |
| Bibliografía | 98 |

2020

Subprograma
Calidad del Medio
Acuático

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN



[Página dejada intencionalmente en blanco]

1.1 Introducción

La gestión integrada del recurso hídrico de la cuenca del río Colorado está a cargo del Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO), constituido por las cinco provincias condóminas de las aguas, es decir, Buenos Aires, La Pampa, Mendoza, Neuquén y Río Negro (Figura 1.1), y la Nación.



Fig. 1.1 – Cuenca del río Colorado abarcando el área de su nacimiento en la cordillera de Los Andes y su desembocadura en el Océano Atlántico.

La gestión integrada implica el accionar de distintas disciplinas. El Acuerdo del Colorado tiene establecido las prioridades de usos y los cupos disponibles para cada Provincia, en el escenario de plena regulación. El orden de prioridades de los usos del agua son abastecimiento humano, riego, ganadería, industrial, petrolero y minero, y generación hidroeléctrica.

En lo concerniente a la calidad del agua, en el inicio del funcionamiento del COIRCO, los esfuerzos se centralizaron en el estudio y verificación de las variables de control que intervinieron en el Modelo de Distribución de las Áreas de Riego de la Cuenca del Río Colorado, es decir, caudal y conductividad eléctrica, extendiéndose a los principales iones vinculados a la aptitud del agua como fuente para abastecimiento humano, riego y ganadería.

La actividad hidrocarburífera, que era incipiente en 1976, tuvo un crecimiento importante a fines de la década del 80 y principio de los 90. Esta industria generaba impactos en los recursos hídricos por las descargas directas de aguas de purga al río Colorado o a bajos naturales afectando las napas freáticas de valles potencialmente regables. En otras circunstancias, contingencias de la industria petrolera provocaron 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 de 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 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 Secretaria de Energía y Puertos de la Nación, con el objeto de fiscalizar la exploración, explotación y transporte de hidrocarburos que se desarrollen 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 responsabilidad se cuenta con recursos humanos en el área de explotación petrolera, en Rincón de los Sauces, Catriel y 25 de Mayo. Para la segunda, en el seno del COIRCO, en 1997 se resolvió realizar un amplio estudio para determinar la calidad del ambiente acuático del río Colorado, el cual se desarrolló entre 1997 y 1999. A partir del año 2000, en base a los resultados obtenidos en el mencionado estudio se diseñó y se viene desarrollando de manera ininterrumpida el monitoreo permanente a través del Subprograma Calidad del Medio Acuático, cuyo objetivo es el seguimiento y control en el tiempo de la calidad del recurso de manera de evaluar su aptitud para los diferentes usos como consecuencia de la actividad petrolera.

Dicho subprograma es una componente del "Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado" y su objetivo es evaluar la presencia y significación en el ambiente acuático de diferentes sustancias, las cuales podrían provenir tanto de fuentes naturales como de las diversas actividades productivas desarrolladas en la cuenca (principalmente la

actividad industria-minera-petrolera) y de los asentamientos poblacionales existentes en el área.

Por otro lado, en forma independiente desde COIRCO, se desarrollan otros estudios a lo largo de la cuenca, o en sectores específicos. También, en forma paralela, las jurisdicciones provinciales desarrollan sus propios estudios de acuerdo con sus necesidades de abastecimiento y ejercicio de la acción controladora y reguladora.

1.2 La cuenca del río Colorado

La cuenca del río Colorado es la primera cuenca interprovincial de la Argentina que cuenta con un Programa Único de Habilitación de Áreas de Riego y Distribución de Caudales, el cual por sí solo es un hecho por demás significativo, y que fue resorte de otros logros que también fortalecen las relaciones interjurisdiccionales, así como los derechos y deberes de los usuarios del recurso hídrico compartido.

La cuenca del río Colorado conformado por las subcuencas de los ríos Grande, Barrancas y Colorado propiamente dicho, cubre un área de 48.000 km², que se extiende sobre las provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires, que la convierten en una cuenca hídrica interprovincial.

Desde sus orígenes en la Cordillera de los Andes, hasta su desembocadura en el Océano Atlántico, presenta una extensión de 1.200 km, de los cuales 920 km corresponden al río Colorado propiamente dicho.

1.2.1 Río Grande

El río Grande, nace en la unión de los ríos Cobre y Tordillo aproximadamente a los 35°11'23" S y 70°14'56" O, en la Cordillera Principal, cercano al límite con Chile. Su caudal promedio anual registrado en la estación de aforo La Gotera es 103 m³/s para el período 1972-2020 (Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación), y recorre 257 km antes de su confluencia con el río Barrancas para formar el Colorado.

1.2.2 Río Barrancas

El río Barrancas nace en la cordillera de Los Andes de los emisarios de las lagunas Negra y Fea, en cercanías al límite internacional con Chile. Su caudal promedio anual registrado en la estación Barrancas es 34,4 m³/s para el período 1961 – 2020 (Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación).

1.2.3 Río Colorado

El río Colorado se origina a partir de la confluencia de los ríos cordilleranos Grande (Mendoza) y Barrancas (Mendoza y Neuquén) (Fig. 1.2) a 835 msnm y escurre hacia el Océano Atlántico con dirección NO – SE. Su caudal promedio anual registrado en la estación Buta Ranquil (aguas abajo de la confluencia) es $140,7 \text{ m}^3/\text{s}$ para el período 1941 – 2020 (Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación).

El embalse Casa de Piedra, divide la cuenca en un tramo no regulado, compuesto por las cuencas de los ríos Grande, Barrancas y la cuenca alta del río Colorado; y un tramo regulado aguas abajo del embalse conformado por la cuenca media/baja del río Colorado.

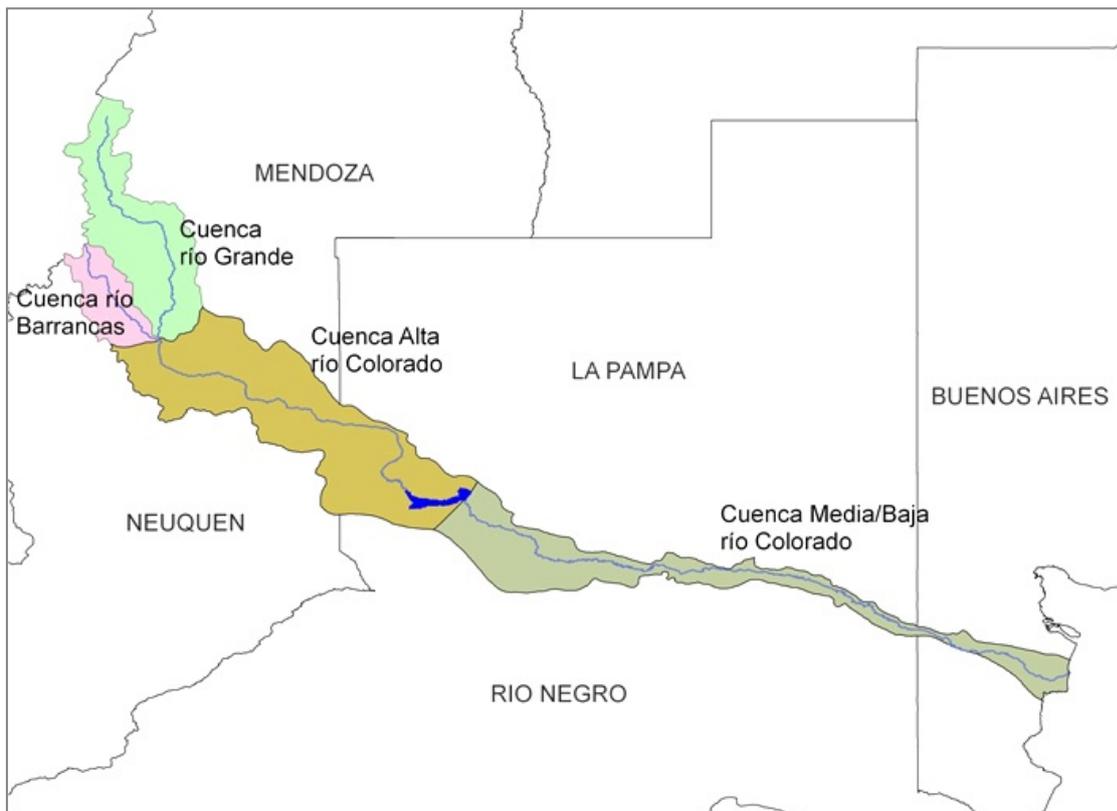


Fig. 1.2 – Cuenca de los ríos Grande, Barrancas y Colorado.

1.2.4 Usos del agua en la cuenca

El Acuerdo Interprovincial del Río Colorado, fija los cupos de agua a utilizar por cada provincia y las prioridades de uso del recurso hídrico.

La distribución porcentual de los usos consuntivos de agua en la cuenca del río Colorado es:

- | | |
|----------------------------|-----|
| 1. Abastecimiento humano: | 2% |
| 2. Riego y ganadería: | 96% |
| 3. Industrial – petrolero: | 2% |

Como consecuencia del período de escasez hídrica que se está atravesando, hubo una restricción para el uso “riego – ganadería”.

1.2.5 Actividad petrolera en la cuenca del río Colorado

El desarrollo de la actividad petrolera en la cuenca del río Colorado se extiende desde Bardas Blancas en el río Grande hasta el embalse Casa de Piedra en el río Colorado, a lo largo de las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro y La Pampa.

En tal sentido, el control de la actividad petrolera en la cuenca del río Colorado a través de COIRCO – CTF, 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 el recurso hídrico ante un eventual incidente, comprometiendo la calidad de éste.

Como consecuencia de la dinámica de trabajo de explotación se producen incidentes diariamente en la cuenca del río Colorado, los cuales en su gran mayoría son de volúmenes reducidos y quedan contenidos en el recinto de la instalación. No obstante, también hay incidentes de gran magnitud, sin embargo, en función de las prevenciones que implementan las empresas operadoras, desde enero de 2016 ninguno de los incidentes llegó a afectar los cursos de agua de la cuenca, dado que en su mayoría quedan contenidos en los predios de sus instalaciones, y paralelamente el saneamiento es realizado con mayor dinámica.

1.3 Programa Integral de Calidad de Aguas

Como se observa en la Figura 1.3, el Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado está conformado por un conjunto de subprogramas cuyos objetivos responden a requerimientos ambientales de la cuenca o, a los usos a los que es sometido el recurso. Las escalas temporales y espaciales de cada uno se ajustan a las necesidades. Algunos de ellos se mantienen en el tiempo y se desarrollan a lo largo de toda la cuenca, mientras que otros, por sus fines específicos se limitan a un sector de la cuenca y a un período acotado.



Fig. 1.3. Esquema simplificado del Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado y de los subprogramas que lo integran.

1.3.1 Subprograma Calidad del Medio Acuático

Como se mencionó en el punto 1.1, el Subprograma Calidad del Medio Acuático tiene como objetivo principal, el control de la actividad petrolera. En este sentido, son prioritarias las determinaciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) y metales/metaloideos. Incluye el monitoreo de calidad de aguas, de sedimentos de fondo y la investigación de sustancias tóxicas en músculo de peces (Figura 1.4).



Fig. 1.4. Componentes del Subprograma Calidad del Medio 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. Dichos usos son: fuente de agua potable, irrigación, bebida del ganado y medio para el desarrollo de la vida acuática (Fig. 1.5). La aptitud del agua para tales usos se define en función de las concentraciones detectadas de las sustancias seleccionadas, las cuales son contrastadas con valores guía internacionales (CCME 2012; O.M.S. 2008).



Fig. 1.5 – Usos del agua en la cuenca del río Colorado.

La aptitud de la calidad del agua superficial en la cuenca para su uso como fuente de agua potable es determinada tomando como referencia los valores guía de la O.M.S. para el agua de bebida y la disponibilidad de tecnologías de tratamiento para ajustar los parámetros que eventualmente lo requirieran para adecuarse a dicha norma (ver Capítulo 2).

En relación con la protección de la vida acuática, la evaluación se completa a través de la comprobación de la presencia de sustancias tóxicas en los sedimentos de fondo, y la realización de ensayos ecotoxicológicos con esta matriz y con agua.

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

La investigación de estas sustancias en las diferentes matrices, en relación con los usos previstos, implica la detección de niveles de concentración extremadamente bajos vinculados con 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 calidad 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 el cual brindará un conocimiento más amplio de la calidad del agua en la cuenca.

En la Figura 1.6 se indican esquemáticamente los componentes que integran el subprograma Calidad del Medio Acuático. Se detallan las matrices y los parámetros estudiados en cada caso, y la frecuencia con la que se analizan.

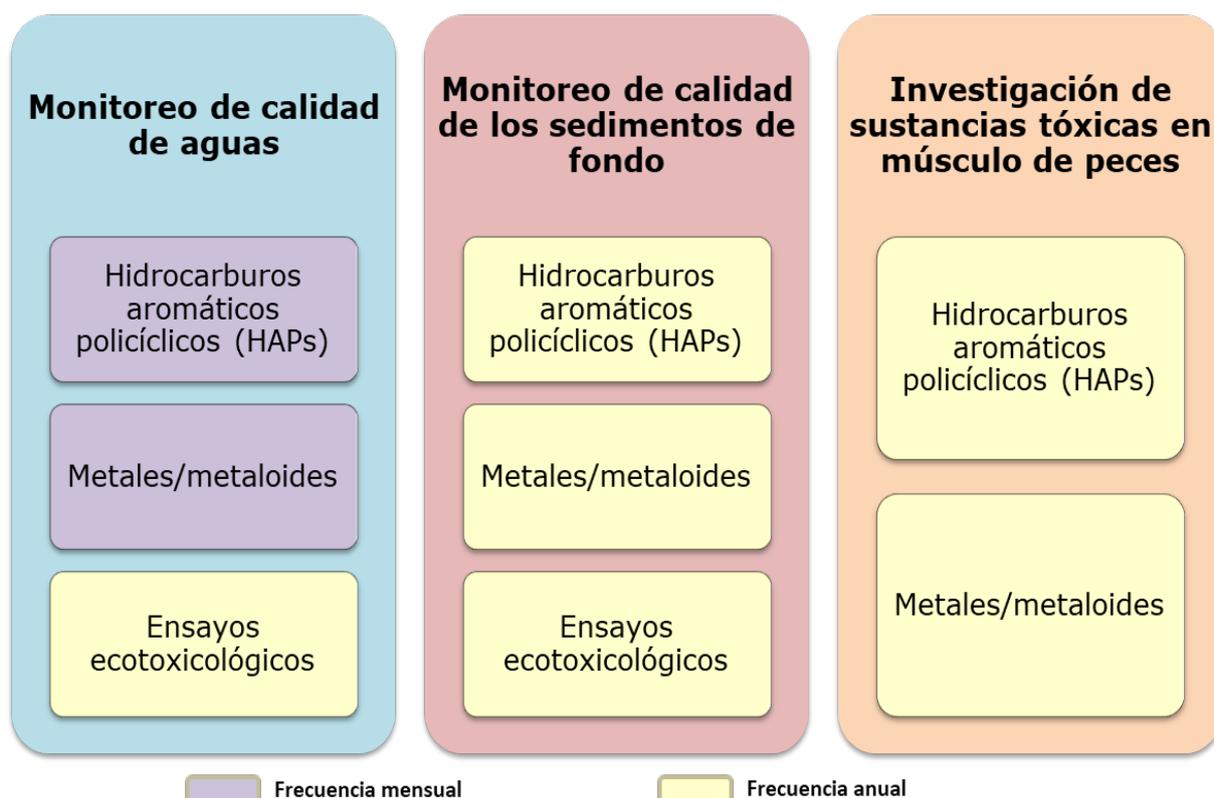


Fig. 1.6. Componentes del Subprograma Calidad del Medio Acuático, matrices y parámetros estudiados con sus respectivas frecuencias de muestreo.

En la Tabla 1.1, se amplía la información de la Figura 1.6 haciendo un detalle espacial y temporal del subprograma. El mismo comprende desde las estaciones en los ríos Grande y Barrancas, donde no hay actividad humana en forma sistemática, hasta la estación de muestreo El Gualicho, aguas arriba de la primera obra de toma de la provincia de Buenos Aires, para el suministro de agua para uso como fuente de agua potable, riego y ganadero.

La información sobre calidad de aguas obtenida mediante el análisis estadístico inferencial de los resultados del monitoreo de aguas, sedimentos de fondo y peces es difundida en forma permanente a distintos sectores de la comunidad (gubernamentales, científico-técnicos, educativos y público en general) a través de distintos medios (informes técnicos como el presente, folletos de divulgación, publicación en la página web oficial del COIRCO, audiencias públicas, charlas en establecimientos escolares y en agrupaciones de productores rurales, etc.).

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

Tabla 1.1– Diagrama del Subprograma Calidad del Medio Acuático.

1.3.2 Año 2020

Como consecuencia de las restricciones que provocó la pandemia por COVID-19 partir del mes de abril, se debieron realizar modificaciones sobre el diagrama de la Tabla 1.4. En los siguientes capítulos del presente informe, se presentarán los resultados obtenidos en el año 2020 para cada una de las matrices estudiadas y en cada caso se mencionarán las modificaciones específicas que sufrió el subprograma en dicha matriz.

El diseño del subprograma en el año 2020 se basó en las conclusiones y recomendaciones del año anterior, las cuáles se transcriben a continuación:

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en la ejecución del Subprograma Calidad del Medio Acuático en el período de estudio 2019, ha sido posible extraer las siguientes conclusiones:

- Calidad del agua

Los resultados del monitoreo de metales/metaloides y HAPs en la columna de agua permiten establecer que el recurso mantiene su aptitud para ser usado como fuente de agua potable, en irrigación y ganadería.

En relación con la posible significación de la superación de ciertos valores guía de metales/metaloides para la protección de la vida acuática, de la falta de desarrollo de los mismos en algunos casos y de las limitaciones del instrumental disponible para verificarlo en otro, los ensayos ecotoxicológicos llevados a cabo con muestras de agua obtenidas en el mismo muestreo en las estaciones CL 3 (correspondiente al área de mayor explotación hidrocarburífera en la cuenca) y CL 4 (sitio de distribución del agua para diferentes usos), indicaron la ausencia de efectos tóxicos sobre las variables medidas en dos organismos de ensayo, indicando por lo tanto la aptitud del agua para el desarrollo de la vida acuática.

- Calidad de los sedimentos de fondo

Los niveles de metales/metaloides en general y la no detección de HAPs en sedimentos de fondo, en las dos áreas muestreadas (Puesto Hernández y embalse Casa de Piedra), indicaron la ausencia de riesgo para el desarrollo de la vida acuática. Las concentraciones de arsénico detectadas, tanto

en el río Colorado como en el embalse, en todos los casos superaron el correspondiente valor guía para la protección de la vida acuática, aunque las mismas fueron siempre inferiores al nivel de efecto probable.

*Dado los resultados negativos obtenidos en el presente año en los ensayos con *Hyalella curvispina* con sedimentos de fondo extraídos en el área de Puesto Hernández, por el momento, sería aconsejable mantener la evaluación en el sitio original, no incorporando un segundo sitio y procurando establecer la causa de la variabilidad observada en años anteriores.*

En el área de la toma del embalse Casa de Piedra (sitio 2c) a partir de los resultados contrapuestos obtenidos con dos organismos de ensayo utilizados surge la necesidad de continuar evaluando esta situación.

- Evaluación de sustancias tóxicas en músculo de peces

Los resultados obtenidos en el análisis químico pusieron de manifiesto que los contenidos de metales/metaloides y la no detección de HAPs en el músculo dorsal de las especies investigadas, teniendo presente las restricciones impuestas en el caso del río Colorado (puesto Hernández) por el escaso número de ejemplares capturados, no implican 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.

Recomendaciones

- Continuar con el monitoreo de metales/metaloides e hidrocarburos en columna de agua en las estaciones establecidas al efecto con el fin de lograr una evaluación permanente de la calidad del agua para diferentes usos en el sistema del río Colorado.

- Continuar con la realización de los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua del río Colorado como complemento del análisis químico en los sitios evaluados en el presente año.

- Mantener el monitoreo de metales/metaloides y HAPs en sedimentos de fondo en las estaciones establecidas para ese

fin en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra con el fin obtener una evaluación permanente de la calidad de estos para la protección de la vida acuática.

- Continuar con la realización de ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo con el fin de mantener un seguimiento permanente y observar la evolución de algunos resultados variables observados en años anteriores.

- Continuar con el monitoreo de sustancias tóxicas en músculo de peces, a fin de contar con información actualizada sobre la variación temporal de los niveles de metales/metaloideos y HAPs en relación con la aptitud para el consumo humano.

Referencias

CCME, Canadian Council of Ministers of the Environment, (2012), Canadian Environmental Quality Guidelines, Canada

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 (O.M.S.), (2008), Guías para la Calidad del Agua Potable, Volumen 1: Recomendaciones, Tercera Edición.

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.

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

[Página dejada intencionalmente en blanco]

2020

Subprograma
Calidad del Medio
Acuático

Capítulo 2

CALIDAD DEL AGUA



[Página dejada intencionalmente en blanco]

2.1 Introducción

El presente capítulo contiene los resultados las mediciones *in situ* y de análisis de metales/metaloideos, hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) y ensayos ecotoxicológicos con columna de agua, realizados con muestras de agua extraídas en las estaciones de la red de monitoreo del Subprograma Calidad del Medio Acuático (Tabla 2.1, Fig. 2.1) durante el año 2020 a fin de verificar la aptitud del recurso para todos los usos a que es sometido en la cuenca.

En relación con la verificación de la aptitud del recurso para ser usado como fuente de agua potable, no disponiéndose de valores guía o de referencia para la calidad del agua de cursos superficiales para ese fin, con validez en las cinco provincias ribereñas, al solo efecto del presente estudio y atento que las condiciones naturales que presentan los cuerpos de agua evaluados (ríos Grande, Barrancas, Colorado no regulado, Colorado regulado y embalse Casa de Piedra) para los parámetros analizados, virtualmente cumplen con los requerimientos de agua potable de la Organización Mundial de la Salud y del Código Alimentario Argentino, se decide utilizar dichos valores guía como elemento comparativo, lo cual indicará eventualmente la necesidad de aplicar al agua cruda, además del tratamiento convencional, un tratamiento corrector adicional de algún parámetro para liberarla al consumo si fuera requerido. Dichas cuestiones son competencia de las provincias ribereñas, las cuales son las dueñas del recurso hídrico y responsables del abastecimiento de agua a las poblaciones.

Como consecuencia de las restricciones impuestas a la circulación por la pandemia COVID-19, en el presente año 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 las estaciones CL 1, CL 10-a y CL 10 se muestreó de enero a marzo y en la CL 4-a de enero a mayo.

También, debido a la pandemia COVID-19, en el presente año los muestreos de agua y de sedimentos de fondo para ensayos ecotoxicológicos no fueron efectuados, dado que existían problemas en el transporte de las muestras hasta la Universidad Nacional de Luján.

En la Tabla 2.1 y Fig. 2.1 se muestran las estaciones de muestreo del Subprograma Calidad del Medio Acuático.

Tabla 2.1. Estaciones de monitoreo del Subprograma de Calidad del Medio Acuático del río Colorado – Subprograma Calidad el Medio Acuático.

| Estación | Río | Ubicación | Coordenadas geográficas |
|----------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 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 2.1 - Estaciones de muestreo de la columna de agua del Subprograma de Calidad del Medio Acuático.

El actual período de escasez hídrica que se está atravesando en la cuenca y que se inicia en 2011, presenta algunas diferencias respecto a la serie previa (2001-2010):

- Disminución de la concentración de metales/metaloideos
- Incremento en la concentración de sales (no analizadas como tales en este programa, pero si evaluadas a través de la conductividad eléctrica medida en campo).

A continuación, se describen las metodologías de muestreo y mediciones *in situ*, así como las técnicas y métodos analíticos y de ensayo empleados por los laboratorios actuantes.

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 (Tabla 2.1). Los muestreos y mediciones *in situ*, al igual que en los años anteriores, fueron realizados por la empresa Monitoreos Ambientales.

Las determinaciones de parámetros ambientales *in situ* (pH y conductividad) se llevaron a cabo por duplicado empleando dos instrumentos diferentes en cada caso. Los instrumentos utilizados para mediciones de pH fueron HORIBA Twin pH B-213 y HORIBA LAQUAtwin pH-11; en tanto que para las mediciones de conductividad se utilizaron los equipos LUTRON *Conductivity Meter* PCD-431, HORIBA LAQUAtwin *Conductivity Meter* y HANNA Combo pH/Conductivity.

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

Los muestreos se efectuaron de acuerdo con 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/metaloideos fueron sometidos al siguiente procedimiento de limpieza: 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/metaloideos fueron envasadas en bidones de polietileno de 500 mL de capacidad y preservadas

mediante la adición de ácido nítrico (HNO₃) hasta pH <2 y refrigeradas a temperatura <4°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 2 mL/L de ácido clorhídrico (HCl) 1+1 y refrigeración a temperatura <4°C y en esas condiciones 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 los laboratorios del Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN), dependiente del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) en los meses de enero a marzo y de INDUSER de abril a diciembre de 2020. Estos laboratorios cuentan con sistemas de calidad basados en la Norma ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 2005), y las determinaciones que realizan están acreditadas 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 $k=2$) y corresponden a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. Dichas incertidumbres fueron calculadas en el Laboratorio del INTEMIN empleando la metodología de la guía EURACHEM/CITAC (*Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*) en las determinaciones correspondientes a las campañas de enero a marzo de 2020 y en el laboratorio de INDUSER, en las correspondientes a las campañas de abril a diciembre de 2020, 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 2.2 y 2.3.

Tabla 2.2 - Técnicas y métodos analíticos empleados en el INTEMIN (SEGEMAR) y en INDUSER para el análisis de metales/metaloideos en agua con sus respectivos límites de cuantificación.

| Laboratorio SEGEMAR | | | |
|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|
| Metal/metaloide | Técnica analítica | Método | Límite de cuantificación (µg/L) |
| Arsénico | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,2 |
| Cadmio | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,2 |
| Cinc | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,2 |
| Cobre | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,2 |
| Cromo | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,2 |
| Mercurio | A.A. por vapor frío | EPA 245.1 | 1,0 |
| Molibdeno | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,6 |
| Níquel | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,3 |
| Plomo | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,6 |
| Selenio | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,4 |
| Uranio | ICP-MS | SMWW-Método 3125 B | 0,2 |
| Laboratorio INDUSER | | | |
| Metal/metaloide | Técnica analítica | Método | Límite de cuantificación (µg/L) |
| 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 | 0,2 |
| 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.

SMWW: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 23 ed.*

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

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/IEC 17025 (ISO/IEC 2005).

Técnica y método analítico

La técnica y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 – Técnica y métodos analíticos empleados para el análisis de HAPs en aguas con sus respectivos límites de cuantificación.

| HAPs | Técnica analítica | Método analítico | Límite de cuantificación del método (µg/L) |
|-----------------------|-------------------|--------------------------|--|
| Naftaleno | CG/EM | EPA 3535 – A /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 3535 A: *Solid Phase Extraction (SPE)*. EPA 8270 E: *Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry*.

2.4 Resultados

2.4.1 Parámetros medidos in situ, metales/metaloideos e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Tabla 2.4 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 0 (Río Barrancas, Barrancas, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| Parámetros medidos <i>in situ</i> | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 22/04/2020 | 5 13/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 06/07/2020 | 8 03/08/2020 | 9 01/09/2020 | 10 05/10/2020 | 11 02/11/2020 | 12 01/12/2020 |
| Hora | 16:00 | 15:50 | 15:51 | 13:30 | 13:40 | 13:35 | 14:00 | 14:20 | 14:20 | 15:00 | 14:22 | 12:25 |
| pH | 7,9 | 8,3 | 8,4 | 8,5 | 8,5 | 8,0 | 8,5 | 8,1 | 8,2 | 8,2 | 8,1 | 7,9 |
| Temperatura del agua (°C) | 20,0 | 23,0 | 23,5 | 14,0 | 10,5 | 7,5 | 5,5 | 11,0 | 11,0 | 14,5 | 18,0 | 19,2 |
| Temperatura del aire (°C) | 29,0 | 35,0 | 35,0 | 22,0 | 15,0 | 7,0 | 4,0 | 28,0 | 18,0 | 20,0 | 36,5 | 33,0 |
| Conductividad específica (µS/cm) | 1140 | 970 | 1010 | 930 | 920 | 920 | 1000 | 920 | 880 | 810 | 520 | 570 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 8,0 | 7,8 | 7,4 | 8,5 | 9,1 | 9,5 | 9,4 | 7,8 | 10,3 | 9,7 | 8,5 | 9,0 |

Tabla 2.5 Concentraciones de metales/metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 0 (Río Barrancas, Barrancas, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2020 – Diciembre de 2020.

| Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 22/04/2020 | 5 13/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 06/07/2020 | 8 03/08/2020 | 9 01/09/2020 | 10 05/10/2020 | 11 02/11/2020 | 12 01/12/2020 |
| Arsénico | 25 \pm 0,1 | 4,5 \pm 0,2 | 5,2 \pm 0,2 | 2 \pm 0,1 | 1 \pm 0,05 | <1 | <1 |
| Cadmio | 1,1 \pm 0,1 | <0,2 | <0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Cinc | 133 \pm 11 | 20 \pm 1,9 | 24 \pm 2,2 | <10 | <10 | 10 \pm 1,7 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | 50 \pm 8,5 |
| Cobre | 19 \pm 0,7 | 4,0 \pm 0,1 | 4,7 \pm 0,2 | <1 | 1 \pm 0,2 | 3 \pm 0,6 | 2 \pm 0,4 | 1 \pm 0,2 | <1 | 2 \pm 0,4 | 3 \pm 0,6 | <1 |
| Cromo | 4,8 \pm 0,2 | 1,6 \pm 0,1 | 1,8 \pm 0,1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Mercurio | <1 | <1 | <1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Molibdeno | 2,6 \pm 0,1 | 3,2 \pm 0,2 | 2,9 \pm 0,2 | 3 \pm 0,5 | 3 \pm 0,5 | 2 \pm 0,3 | 3 \pm 0,5 | 2 \pm 0,3 | 3 \pm 0,5 | 3 \pm 0,5 | 1 \pm 0,2 | <1 |
| Níquel | 15 \pm 0,7 | 0,89 \pm 0,08 | 1,1 \pm 0,1 | <1 | 2 \pm 0,4 | 3 \pm 0,5 | 3 \pm 0,5 | 2 \pm 0,4 | <1 | 3 \pm 0,5 | 4 \pm 0,7 | <1 |
| Plomo | 74 \pm 2,4 | 8,3 \pm 0,3 | 9,6 \pm 0,4 | 1 \pm 0,3 | 1 \pm 0,3 | 2 \pm 0,6 | 1 \pm 0,32 | 1 \pm 0,3 | <1 | 1 \pm 0,3 | 12 \pm 3,8 | <1 |
| Selenio | <0,4 | <0,4 | <0,4 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Uranio | 0,49 \pm 0,03 | 0,34 \pm 0,02 | 0,32 \pm 0,02 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |

Tabla 2.6 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 0 (Río Barrancas, Barrancas, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| HAPs ($\mu\text{g/L}$) ^(*) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 22/04/2020 | 5 13/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 06/07/2020 | 8 03/08/2020 | 9 01/09/2020 | 10 05/10/2020 | 11 02/11/2020 | 12 01/12/2020 |
| 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%).

Tabla 2.7 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 1 (Río Grande, Bardas Blancas, margen derecha, provincia de Mendoza) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d.: sin dato

| Parámetros medidos <i>in situ</i> | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 04/2020 | 5 05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Hora | 19:05 | 18:00 | 18:45 | s.d. | s.d. | s.d. |
| pH | 8,0 | 8,4 | 8,3 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Temperatura del agua (°C) | 16,5 | 21,0 | 21,0 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Temperatura del aire (°C) | 18,0 | 32,0 | 29,0 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Conductividad específica (µS/cm) | 1110 | 1210 | 1200 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 8,3 | 8,6 | 8,5 | s.d. | s.d. | s.d. |

Tabla 2.8 Concentraciones de metales/metaloideos en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 1 (Río Grande, Bardas Blancas, margen derecha, provincia de Mendoza) en el período Enero 2020 – Diciembre de 2020.

s.d: *sin dato*

| Metal/ metaloide ($\mu\text{g/L}$) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 04/2020 | 5 05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Arsénico | 5,7 \pm 0,2 | 4,2 \pm 0,2 | 3,1 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cadmio | <0,2 | <0,2 | <0,2 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cinc | 19 \pm 1,8 | 18 \pm 1,7 | 12 \pm 1,2 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cobre | 26 \pm 1 | 21 \pm 8,2 | 16 \pm 0,6 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cromo | 3,4 \pm 0,1 | 3,0 \pm 0,1 | 1,9 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Mercurio | <1 | <1 | <1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Molibdeno | 0,84 \pm 0,08 | 1,0 \pm 0,1 | 1,1 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Níquel | 1,6 \pm 0,1 | 1,5 \pm 0,1 | <0,3 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Plomo | 3,2 \pm 0,2 | 2,2 \pm 0,1 | 1,0 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Selenio | 0,50 \pm 0,11 | <0,4 | <0,4 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Uranio | <0,2 | 0,34 \pm 0,02 | 0,25 \pm 0,02 | s.d. | s.d. | s.d. |

Tabla 2.9 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 1 (Río Grande, Bardas Blancas, margen derecha, provincia de Mendoza) en el período Enero 2020 – Diciembre de 2020.

s.d: *sin dato*

| HAPs ($\mu\text{g/L}$) ^(*) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 04/2020 | 5 05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Naftaleno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Acenaftileno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Acenafteno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fluoreno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fenantreno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[a]antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Criseno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[b]fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[k]fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[a]pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Dibenzo[a,h]antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[g,h,i]perileno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Indeno[c,d]pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| 2-metilnaftaleno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| 1,3-dimetilnaftaleno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| 1-metilfenantreno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |

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

Tabla 2.10 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 2 (Río Colorado, Buta Ranquil, yacimiento El Portón, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| Parámetros medidos <i>in situ</i> | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 22/04/2020 | 5 13/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 06/07/2020 | 8 03/08/2020 | 9 01/09/2020 | 10 05/10/2020 | 11 02/11/2020 | 12 01/12/2020 |
| Hora | 14:20 | 14:20 | 14:00 | 11:40 | 12:05 | 11:55 | 12:50 | 13:00 | 13:05 | 13:40 | 13:07 | 11:05 |
| pH | 8,0 | 8,3 | 8,3 | 8,1 | 8,5 | 7,7 | 8,4 | 8,0 | 8,3 | 8,1 | 8,0 | 7,8 |
| Temperatura del agua (°C) | 20,0 | 23,0 | 24,0 | 14,0 | 10,0 | 7,5 | 6,0 | 10,0 | 11,0 | 13,0 | 18,0 | 18,6 |
| Temperatura del aire (°C) | 30,0 | 35,0 | 39,5 | 20,0 | 14,0 | 6,0 | 4,0 | 18,0 | 16,5 | 20,0 | 36,0 | 31,0 |
| Conductividad específica (µS/cm) | 1200 | 1170 | 1230 | 1230 | 1320 | 1230 | 1250 | 1230 | 1180 | 1100 | 750 | 700 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 8,1 | 7,4 | 8,9 | 8,7 | 9,1 | 10,1 | 9,4 | 8,9 | 9,6 | 9,6 | 8,0 | 9,4 |

Tabla 2.11 Concentraciones de metales/metaloideos en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 2 (Río Colorado, Buta Ranquil, yacimiento El Portón, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| Metal/ metaloide ($\mu\text{g/L}$) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 22/04/2020 | 5 13/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 06/07/2020 | 8 03/08/2020 | 9 01/09/2020 | 10 05/10/2020 | 11 02/11/2020 | 12 01/12/2020 |
| Arsénico | 24 \pm 0,7 | 4,4 \pm 0,2 | 3,0 \pm 0,1 | 2 \pm 0,1 | 2 \pm 0,1 | 2 \pm 0,1 | 1 \pm 0,05 | 1 \pm 0,05 | 1 \pm 0,05 | 2 \pm 0,1 | 1 \pm 0,05 | <1 |
| Cadmio | 1,0 \pm 0,1 | <0,2 | <0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Cinc | 134 \pm 12 | 15 \pm 1,5 | 13 \pm 1,3 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | 10 \pm 1,7 | <10 | 120 \pm 20,4 |
| Cobre | 32 \pm 1,3 | 10 \pm 0,4 | 5,8 \pm 0,2 | 3 \pm 0,6 | 4 \pm 0,8 | 4 \pm 0,8 | 3 \pm 0,6 | 3 \pm 0,6 | 2 \pm 0,4 | 7 \pm 1,5 | 8 \pm 1,7 | 22 \pm 4,6 |
| Cromo | 6,2 \pm 0,2 | 2,3 \pm 0,1 | 1,7 \pm 0,1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 4 \pm 0,6 | <1 |
| Mercurio | <1 | <1 | <1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Molibdeno | 1,9 \pm 0,1 | 1,9 \pm 0,1 | 2,0 \pm 0,1 | 2 \pm 0,3 | <1 | <1 |
| Níquel | 17 \pm 0,8 | 0,8 \pm 0,1 | <0,3 | <1 | 4 \pm 0,7 | 4 \pm 0,7 | 4 \pm 0,7 | 3 \pm 0,5 | <1 | 5 \pm 0,9 | 6 \pm 1,1 | <1 |
| Plomo | 64 \pm 2,0 | 4,7 \pm 0,2 | 3,1 \pm 0,2 | <1 | 1 \pm 0,3 | 1 \pm 0,3 | 1 \pm 0,3 | <1 | <1 | 3 \pm 1 | 10 \pm 3 | 8 \pm 2,6 |
| Selenio | <0,4 | 0,50 \pm 0,1 | <0,4 | <1 | 1 \pm 0,2 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Uranio | 0,64 \pm 0,03 | 0,44 \pm 0,03 | 0,44 \pm 0,03 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 1 \pm 0,1 | <1 | <1 |

Tabla 2.12 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 2 (Río Colorado, Buta Ranquil, yacimiento El Portón, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| HAPs ($\mu\text{g/L}$) ^(*) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 22/04/2020 | 5 13/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 06/07/2020 | 8 03/08/2020 | 9 01/09/2020 | 10 05/10/2020 | 11 02/11/2020 | 12 01/12/2020 |
| 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%).

Tabla 2.13 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 3 (Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| Parámetros medidos <i>in situ</i> | Campañas | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 22/04/2020 | 5 13/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 06/07/2020 | 8 03/08/2020 | 9 01/09/2020 | 10 05/10/2020 | 11 02/11/2020 | 12 01/12/2020 |
| Hora | 11:55 | 11:35 | 12:30 | 10:00 | 10:35 | 10:00 | 11:20 | 11:45 | 11:11 | 11:50 | 11:25 | 9:55 |
| pH | 8,2 | 8,1 | 8,4 | 8,0 | 8,8 | 7,9 | 8,9 | 8,3 | 8,2 | 8,4 | 8,2 | 8,4 |
| Temperatura del agua (°C) | 23,0 | 21,0 | 22,5 | 13,0 | 9,0 | 8,0 | 6,5 | 9,5 | 10,0 | 13,0 | 19,0 | 20,5 |
| Temperatura del aire (°C) | 30,0 | 28,5 | 35,5 | 11,0 | 6,5 | 4,0 | 4,0 | 10,0 | 13,0 | 15,0 | 30,0 | 26,0 |
| Conductividad específica (µS/cm) | 1190 | 1110 | 1260 | 1260 | 1300 | 1210 | 1280 | 1200 | 1200 | 1080 | 810 | 660 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 7,9 | 7,2 | 7,9 | 8,4 | 8,9 | 9,0 | 8,9 | 6,9 | 9,2 | 8,3 | 8,9 | 9,2 |

Tabla 2.14 Concentraciones de metales/metaloide en la columna de agua en la Estación CL 3 (Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| Metal/metaloide (µg/L) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 22/04/2020 | 5 13/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 06/07/2020 | 8 03/08/2020 | 9 01/09/2020 | 10 05/10/2020 | 11 02/11/2020 | 12 01/12/2020 |
| Arsénico | 24±0,1 | 3,6±0,2 | 2,5±0,1 | 2±0,1 | 1±0,05 | 3±0,15 | 2±0,1 | 1±0,05 | 1±0,05 | 2±0,1 | 1±0,05 | <1 |
| Cadmio | 0,76±0,09 | <0,2 | <0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Cinc | 102±9 | 12±1,2 | 17±1,7 | <10 | 10±1,7 | 20±3,4 | <10 | <10 | <10 | 10±1,7 | <10 | 20±3,4 |
| Cobre | 28±1,1 | 9,0±0,3 | 5,0±0,2 | 2±0,4 | 3±0,6 | 12±2,5 | 4±0,8 | 3±0,6 | 2±0,42 | 6±1,3 | 27±5,7 | 2±0,4 |
| Cromo | 6,3±0,2 | 2,0±0,1 | 1,6±0,1 | <1 | <1 | 14±2,2 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Mercurio | <1 | <1 | <1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Molibdeno | 1,3±0,1 | 2,0±0,1 | 2,1±0,1 | 2±0,3 | 2±0,3 | <1 | 2±0,3 | 2±0,3 | 2±0,3 | 2±0,3 | <1 | <1 |
| Níquel | 17±0,8 | 0,8±0,1 | <0,3 | <1 | 4±0,7 | 15±2,7 | 4±0,7 | 4±0,7 | <1 | 5±0,9 | 36±6,5 | <1 |
| Plomo | 35±1,1 | 4,0±0,2 | 1,9±0,1 | <1 | 1±0,3 | 28±9 | 1±0,3 | 1±0,3 | <1 | 3±1 | 11±3,5 | <1 |
| Selenio | 0,52±0,11 | <0,4 | <0,4 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Uranio | 4,9±0,21 | 0,46±0,03 | 0,47±0,03 | <1 | <1 | 5±0,55 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |

Tabla 2.15 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua en la Estación CL 3 (Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, provincia de Neuquén) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| HAPs (µg/L) ^(*) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 05/01/2020 | 2 02/02/2020 | 3 01/03/2020 | 4 22/04/2020 | 5 13/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 06/07/2020 | 8 03/08/2020 | 9 01/09/2020 | 10 05/10/2020 | 11 02/11/2020 | 12 01/12/2020 |
| 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%).

Tabla 2.16 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 4-a (Río Colorado, Punto Unido, margen izquierda, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, provincia de La Pampa) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d: *sin dato*

| Parámetros medidos <i>in situ</i> | Campañas | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 06/01/2020 | 2 03/02/2020 | 3 02/03/2020 | 4 23/04/2020 | 5 14/05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Hora | 11:00 | 10:50 | 10:30 | 10:37 | 10:15 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| pH | 8,0 | 8,4 | 8,4 | 8,8 | 8,9 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Temperatura del agua (°C) | 17,5 | 22,0 | 22,5 | 14,5 | 8,0 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Temperatura del aire (°C) | 20,0 | 27,0 | 27,0 | 16,0 | 5,0 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Conductividad específica (µS/cm) | 1800 | 1270 | 1340 | 1370 | 1430 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 8,1 | 8,3 | 8,2 | 8,4 | 9,7 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |

Tabla 2.17 Concentraciones de metales/metaloides ($\mu\text{g/L}$) en la columna de agua en la Estación CL 4-a (Río Colorado, Punto Unido, margen izquierda, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, provincia de La Pampa) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d.: sin dato

| Metal/metaloide ($\mu\text{g/L}$) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 06/01/2020 | 2 03/02/2020 | 3 02/03/2020 | 4 23/04/2020 | 5 14/05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Arsénico | 17 \pm 0,5 | 3,6 \pm 0,2 | 2,9 \pm 0,1 | 2 \pm 0,1 | 1 \pm 0,05 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cadmio | 1,5 \pm 0,1 | <0,2 | <0,2 | <0,1 | <0,1 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cinc | 154 \pm 14 | 16 \pm 1,6 | 10 \pm 1,0 | <10 | <10 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cobre | 69 \pm 2,7 | 8,0 \pm 0,3 | 4,7 \pm 0,2 | 3 \pm 0,6 | 2 \pm 0,4 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cromo | 19 \pm 0,5 | 2,2 \pm 0,1 | 1,7 \pm 0,1 | <1 | <1 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Mercurio | <1 | <1 | <1 | <0,1 | <0,1 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Molibdeno | <0,6 | 2,1 \pm 0,1 | 2,5 \pm 0,1 | 3 \pm 0,5 | 2 \pm 0,3 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Níquel | 61 \pm 2,9 | 1,0 \pm 0,1 | <0,3 | <1 | 4 \pm 0,7 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Plomo | 36 \pm 1,1 | 3,8 \pm 0,2 | 2,2 \pm 0,1 | <1 | <1 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Selenio | <0,4 | <0,4 | <0,4 | <1 | <1 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Uranio | 2,2 \pm 0,1 | 0,56 \pm 0,03 | 0,63 \pm 0,03 | <1 | <1 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |

Tabla 2.18 - Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares ($\mu\text{g/L}$) en la columna de agua en la Estación CL 4-a (Río Colorado, Punto Unido, margen izquierda, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, provincia de La Pampa) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d: *sin dato*

| HAPs ($\mu\text{g/L}$) ^(*) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 06/01/2020 | 2 03/02/2020 | 3 02/03/2020 | 4 23/04/2020 | 5 14/05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Naftaleno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Acenaftileno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Acenafteno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fluoreno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fenantreno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[a]antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Criseno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[b]fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[k]fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[a]pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Dibenzo[a,h]antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[g,h,i]perileno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| Indeno[c,d]pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| 2-metilnaftaleno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| 1,3-dimetilnaftaleno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| 1-metilfenantreno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |

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

Tabla 2.19 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 5 (Río Colorado, Pasarela Medanito, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| Parámetros medidos <i>in situ</i> | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 06/01/2020 | 2 03/02/2020 | 3 02/03/2020 | 4 23/04/2020 | 5 14/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 07/07/2020 | 8 04/08/2020 | 9 02/09/2020 | 10 06/10/2020 | 11 03/11/2020 | 12 02/12/2020 |
| Hora | 10:15 | 9:36 | 9:44 | 9:35 | 9:00 | 18:50 | 9:45 | 10:30 | 9:30 | 10:50 | 8:45 | 9:50 |
| pH | 8,1 | 8,3 | 8,4 | 8,7 | 8,7 | 8,0 | 8,3 | 8,2 | 8,4 | 7,7 | 8,5 | 8,3 |
| Temperatura del agua (°C) | 18,0 | 21,5 | 23,0 | 14,5 | 8,0 | 8,0 | 7,0 | 10,0 | 9,0 | 12,5 | 21,5 | 21,6 |
| Temperatura del aire (°C) | 21,0 | 24,0 | 29,0 | 14,0 | 0,0 | 8,0 | 4,0 | 13,0 | 11,0 | 18,0 | 24,0 | 22,0 |
| Conductividad específica [µS/cm] | 1480 | 1310 | 1390 | 1520 | 1480 | 1390 | 1350 | 1420 | 1350 | 1250 | 950 | 850 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 8,6 | 8,1 | 7,4 | 8,4 | 9,5 | 9,3 | 9,3 | 9,4 | 9,8 | 9,9 | 8,5 | 8,6 |

Tabla 2.20 Concentraciones de metales/metaloides en réplicas de columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 5 (Río Colorado, Pasarela Medanito, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 – Diciembre 2020.

| Metal/ metaloides ($\mu\text{g/L}$) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | 1 06/01/2020 | 2 03/02/2020 | 3 02/03/2020 | 4 23/04/2020 | 5 14/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 07/07/2020 | 8 04/08/2020 | 9 02/09/2020 | 10 06/10/2020 | 11 03/11/2020 | 12 02/12/2020 |
| Arsénico | 9,0 \pm 0,3/ 9,3 \pm 0,3 | 4,0 \pm 0,2/ 3,9 \pm 0,2 | 2,8 \pm 0,1/ 2,9 \pm 0,1 | 2 \pm 0,1/ 2 \pm 0,1 | 1 \pm 0,05/ 2 \pm 0,1 | 3 \pm 0,15/ 3 \pm 0,15 | 2 \pm 0,1/ 2 \pm 0,1 | 2 \pm 0,1/ 2 \pm 0,1 | 1 \pm 0,05/ 2 \pm 0,1 | 3 \pm 0,15/ 3 \pm 0,15 | 1 \pm 0,05/ 1 \pm 0,05 | <1/<1 |
| Cadmio | 0,57 \pm 0,09/ 0,58 \pm 0,1 | <0,2/<0,2 | <0,2/<0,2 | <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 |
| Cinc | 61 \pm 5,0/ 60 \pm 5,0 | 16 \pm 1,6/ 15 \pm 1,5 | 12 \pm 1,2/ 11 \pm 1,1 | <10/<10 | <10/<10 | 10 \pm 1,7 10 \pm 1,7 | <10/<10 | <10/<10 | <10/<10 | 10 \pm 1,7/ 10 \pm 1,7 | <10/<10 | 50 \pm 8,5/ 60 \pm 10,2 |
| Cobre | 18 \pm 0,7/ 18 \pm 0,7 | 8,2 \pm 0,3/ 7,8 \pm 0,3 | 5,2 \pm 0,2/ 5,0 \pm 0,2 | 2 \pm 0,4/ 3 \pm 0,6 | 2 \pm 0,4/ 3 \pm 0,6 | 10 \pm 2,1/ 11 \pm 2,3 | 4 \pm 0,8/ 4 \pm 0,8 | 4 \pm 0,8/ 4 \pm 0,8 | 2 \pm 0,4/ 3 \pm 0,6 | 12 \pm 2,5/ 9 \pm 1,9 | 11 \pm 2,3/ 9 \pm 1,9 | 9 \pm 1,9/ 9 \pm 1,9 |
| Cromo | 12 \pm 0,3/ 12 \pm 0,3 | 2,4 \pm 0,1/ 2,2 \pm 0,1 | 1,7 \pm 0,1/ 1,9 \pm 0,1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | 3 \pm 0,5/ 3 \pm 0,5 | <1/<1 |
| Mercurio | <1/<1 | <1/<1 | <1/<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 | <0,6/<0,6 | 2,3 \pm 1,9/ 2,3 \pm 1,9 | 2,8 \pm 0,1/ 2,9 \pm 0,2 | 3 \pm 0,5/ 3 \pm 0,5 | 2 \pm 0,3/ 2 \pm 0,3 | 2 \pm 0,3/ 2 \pm 0,3 | 2 \pm 0,3/ 2 \pm 0,3 | 3 \pm 0,5/ 3 \pm 0,5 | 2 \pm 0,3/ 2 \pm 0,3 | 2 \pm 0,3/ 2 \pm 0,3 | <1/<1 | <1/<1 |
| Níquel | 28 \pm 1,4/ 27 \pm 1,4 | 1,9 \pm 0,1/ 1,6 \pm 0,1 | 0,76 \pm 0,07/ 0,69 \pm 0,07 | <1/<1 | 4 \pm 0,7/ 4 \pm 0,7 | 8 \pm 1,4/ 8 \pm 1,4 | 5 \pm 0,9/ 5 \pm 0,9 | 5 \pm 0,9/ 5 \pm 0,9 | <1/<1 | 6 \pm 1,1/ 6 \pm 1,1 | 7 \pm 1,3/ 6 \pm 1,1 | 6 \pm 1,1/ 6 \pm 1,1 |
| Plomo | 23 \pm 0,8/ 23 \pm 0,8 | 4,5 \pm 0,2/ 4,3 \pm 0,2 | 1,7 \pm 0,1/ 1,8 \pm 0,1 | <1/<1 | 1 \pm 0,3/ 1 \pm 0,3 | 4 \pm 1,3/ 5 \pm 1,6 | 2 \pm 0,6/ 1 \pm 0,3 | 1 \pm 0,3/ 1 \pm 0,3 | <1/<1 | 4 \pm 1,3/ 4 \pm 1,3 | 13 \pm 4,2/ 11 \pm 3,5 | <1/<1 |
| Selenio | 0,47 \pm 0,11/ 0,49 \pm 0,11 | <0,4/<0,4 | <0,4/<0,4 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 | <1/<1 |
| Uranio | 2,2 \pm 0,1/ 2,2 \pm 0,1 | 0,71 \pm 0,04/ 0,70 \pm 0,04 | 0,79 \pm 0,04/ 0,84 \pm 0,04 | <1/<1 | 1 \pm 0,1/ 1 \pm 0,1 | 1 \pm 0,1/ 1 \pm 0,1 | 1 \pm 0,1/ 1 \pm 0,1 | 1 \pm 0,1/ 1 \pm 0,1 | <1/<1 | 1 \pm 0,1/ 1 \pm 0,1 | <1/<1 | <1/<1 |

Tabla 2.21 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares en réplicas de columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 5 (Río Colorado, Pasarela Medanito, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 – Diciembre 2020.

| HAPs ($\mu\text{g/L}$) ^(*) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 06/01/2020 | 2 03/02/2020 | 3 02/03/2020 | 4 23/04/2020 | 5 14/05/2020 | 6 03/06/2020 | 7 07/07/2020 | 8 04/08/2020 | 9 02/09/2020 | 10 06/10/2020 | 11 03/11/2020 | 12 02/12/2020 |
| 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%).

Tabla 2.22 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 6 (descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 – Diciembre 2020.

| Parámetros medidos <i>in situ</i> | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 06/01/2020 | 2 03/02/2020 | 3 02/03/2020 | 4 23/04/2020 | 5 14/05/2020 | 6 04/06/2020 | 7 07/07/2020 | 8 04/08/2020 | 9 02/09/2020 | 10 06/10/2020 | 11 03/11/2020 | 12 02/12/2020 |
| Hora | 13:15 | 13:15 | 12:44 | 13:00 | 15:45 | 9:50 | 11:44 | 12:28 | 11:32 | 12:50 | 11:15 | 11:50 |
| pH | 7,5 | 8,2 | 8,2 | 8,7 | 8,6 | 7,8 | 8,4 | 8,1 | 8,1 | 8,0 | 8,1 | 8,0 |
| Temperatura del agua (°C) | 20,5 | 23,0 | 22,5 | 18,0 | 15,5 | 11,5 | 8,5 | 10,0 | 9,5 | 14,5 | 17,0 | 21,9 |
| Temperatura del aire (°C) | 25,0 | 36,0 | 34,5 | 21,0 | 22,0 | 7,0 | 6,0 | 15,0 | 13,0 | 23,0 | 30,0 | 26,0 |
| Conductividad específica (µS/cm) | 1300 | 1270 | 1300 | 1370 | 1430 | 1420 | 1470 | 1450 | 1460 | 1490 | 1440 | 1270 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 8,1 | 7,6 | 6,9 | 9,0 | 8,9 | 10,2 | 9,9 | 10,1 | 9,5 | 10,4 | 9,4 | 8,9 |

Tabla 2.23 Concentraciones de metales/metaloides en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 6 (descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| Metal/metaloide ($\mu\text{g/L}$) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 06/01/2020 | 2 03/02/2020 | 3 02/03/2020 | 4 23/04/2020 | 5 14/05/2020 | 6 04/06/2020 | 7 07/07/2020 | 8 04/08/2020 | 9 02/09/2020 | 10 06/10/2020 | 11 03/11/2020 | 12 02/12/2020 |
| Arsénico | 0,75 \pm 0,09 | 2,3 \pm 0,1 | 2,9 \pm 0,1 | 2 \pm 0,1 | 3 \pm 0,15 | 3 \pm 0,15 | 2 \pm 0,1 | 3 \pm 0,15 | 3 \pm 0,15 | 2 \pm 0,1 | <1 | <1 |
| Cadmio | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Cinc | 3,6 \pm 0,4 | 5,3 \pm 0,6 | 9,1 \pm 0,9 | <10 | 10 \pm 1,7 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Cobre | 1,9 \pm 0,05 | 2,0 \pm 0,1 | 2,1 \pm 0,1 | 1 \pm 0,2 | <1 | 1 \pm 0,2 | 1 \pm 0,2 | <1 |
| Cromo | 1,3 \pm 0,1 | 0,96 \pm 0,09 | 1,2 \pm 0,1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Mercurio | <1 | <1 | <1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Molibdeno | <0,6 | 4,5 \pm 0,2 | 4,8 \pm 0,2 | 4 \pm 0,7 | 4 \pm 0,7 | 4 \pm 0,7 | 5 \pm 0,9 | 4 \pm 0,7 | 5 \pm 0,9 | 4 \pm 0,7 | 2 \pm 0,3 | <1 |
| Níquel | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <1 | 5 \pm 0,9 | 5 \pm 0,9 | 4 \pm 0,7 | 5 \pm 0,9 | <1 | 5 \pm 0,9 | 2 \pm 0,4 | <1 |
| Plomo | <0,6 | <0,6 | <0,6 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 4 \pm 1,3 | <1 |
| Selenio | 0,46 \pm 0,11 | 0,43 \pm 0,11 | 0,62 \pm 0,11 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Uranio | 0,57 \pm 0,03 | 0,91 \pm 0,05 | 0,98 \pm 0,05 | <1 | 1 \pm 0,1 | 1 \pm 0,1 | 1 \pm 0,1 | 1 \pm 0,1 | <1 | 1 \pm 0,1 | <1 | <1 |

Tabla 2.24 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 6 (descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

| HAPs ($\mu\text{g/L}$) ^(*) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 06/01/2020 | 2 03/02/2020 | 3 02/03/2020 | 4 23/04/2020 | 5 14/05/2020 | 6 04/06/2020 | 7 07/07/2020 | 8 04/08/2020 | 9 02/09/2020 | 10 06/10/2020 | 11 03/11/2020 | 12 02/12/2020 |
| 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%).

Tabla 2.25 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 10-a (Río Colorado, Balneario, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 22, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d.: *sin dato*

| Parámetros medidos <i>in situ</i> | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 07/01/2020 | 2 04/02/2020 | 3 03/03/2020 | 4 04/2020 | 5 05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Hora | 11:45 | 15:43 | 11:50 | s.d. | s.d. | s.d. |
| pH | 8,1 | 8,3 | 8,3 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Temperatura del agua (°C) | 22,5 | 25,5 | 24,5 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Temperatura del aire (°C) | 24,0 | 26,0 | 31,0 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Conductividad específica [µS/cm] | 1400 | 1320 | 1370 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 8,3 | 8,1 | 8,1 | s.d. | s.d. | s.d. |

Tabla 2.26 Concentraciones de metales/metaloideos en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 10-a (Río Colorado, Balneario, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 22, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d: *sin dato*

| Metal/metaloide ($\mu\text{g/L}$) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 07/01/2020 | 2 04/02/2020 | 3 03/03/2020 | 4 04/2020 | 5 05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Arsénico | 2,8 \pm 0,1 | 2,9 \pm 0,2 | 3,1 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cadmio | <0,2 | <0,2 | <0,2 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cinc | 7,2 \pm 0,8 | 2,9 \pm 0,3 | 5,1 \pm 0,5 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cobre | 3,3 \pm 0,11 | 3,8 \pm 0,1 | 3,0 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cromo | 1,2 \pm 0,1 | 1,5 \pm 0,1 | 1,2 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Mercurio | <1 | <1 | <1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Molibdeno | 4,5 \pm 0,2 | 4,3 \pm 0,1 | 5,1 \pm 0,2 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Níquel | <0,3 | <0,3 | <0,3 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Plomo | 0,73 \pm 0,08 | 0,90 \pm 0,08 | <0,6 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Selenio | 0,45 \pm 0,11 | 0,43 \pm 0,11 | 0,50 \pm 0,11 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Uranio | 0,63 \pm 0,04 | 1,1 \pm 0,05 | 1,1 \pm 0,05 | s.d. | s.d. | s.d. |

Tabla 2.27 Concentraciones de HAPs en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 10-a (Río Colorado, Balneario, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional N° 22, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d.: sin dato

| HAPS ($\mu\text{g/L}$) (*) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 07/01/2020 | 2 04/02/2020 | 3 03/03/2020 | 4 04/2020 | 5 05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Naftaleno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Acenaftileno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Acenafteno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fluoreno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fenantreno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[a]antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Criseno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[b]fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[k]fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[a]pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Dibenzo[a,h]antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[g,h,i]perileno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Indeno[c,d]pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| 2-metilnaftaleno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| 1,3-dimetilnaftaleno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |

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

Tabla 2.28 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 10 (Río Colorado, El Gualicho, margen derecha, provincia de Río Negro), en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d.: sin dato

| Parámetros medidos <i>in situ</i> | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 07/01/2020 | 2 04/02/2020 | 3 03/03/2020 | 4 04/2020 | 5 05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Hora | 10:45 | 16:30 | 11:00 | s.d. | s.d. | s.d. |
| pH | 8,2 | 8,3 | 8,3 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Temperatura del agua (°C) | 21,5 | 25,5 | 23,5 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Temperatura del aire (°C) | 24,0 | 30,0 | 29,0 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Conductividad específica [µS/cm] | 1420 | 1350 | 1490 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 7,9 | 7,8 | 7,4 | s.d. | s.d. | s.d. |

Tabla 2.29 Concentraciones de metales/metaloideos en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 10 (Río Colorado, El Gualicho, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d: *sin dato*

| Metal/ metaloide ($\mu\text{g/L}$) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 07/01/2020 | 2 04/02/2020 | 3 03/03/2020 | 4 04/2020 | 5 05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Arsénico | 3,0 \pm 0,1 | 3,1 \pm 0,2 | 3,0 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cadmio | <0,2 | <0,2 | <0,2 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cinc | 7,8 \pm 0,8 | 8,2 \pm 0,8 | 6,7 \pm 0,7 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cobre | 3,1 \pm 0,10 | 3,6 \pm 0,1 | 3,1 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Cromo | 1,0 \pm 0,1 | 1,4 \pm 0,1 | 1,2 \pm 0,1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Mercurio | <1 | <1 | <1 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Molibdeno | 5,0 \pm 0,2 | 5,1 \pm 0,2 | 5,1 \pm 0,2 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Níquel | <0,3 | <0,3 | <0,3 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Plomo | 0,77 \pm 0,08 | 0,80 \pm 0,08 | <0,6 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Selenio | 0,51 \pm 0,11 | 0,45 \pm 0,11 | 0,54 \pm 0,11 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Uranio | 0,69 \pm 0,04 | 1,1 \pm 0,05 | 1,1 \pm 0,05 | s.d. | s.d. | s.d. |

Tabla 2.30 Concentraciones de HAPs en la columna de agua ($\mu\text{g/L}$) en la estación CL 10 (Río Colorado, El Gualicho, margen derecha provincia de Río Negro) en el período Enero 2020 - Diciembre 2020.

s.d: *sin dato*

| HAPS ($\mu\text{g/L}$) ^(*) | Campañas | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 07/01/2020 | 2 04/02/2020 | 3 03/03/2020 | 4 04/2020 | 5 05/2020 | 6 06/2020 | 7 07/2020 | 8 08/2020 | 9 09/2020 | 10 10/2020 | 11 11/2020 | 12 12/2020 |
| Naftaleno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Acenaftileno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Acenafteno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fluoreno | <0,03 | <0,03 | <0,03 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fenantreno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[a]antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Criseno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[b]fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[k]fluoranteno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[a]pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Dibenzo[a,h]antraceno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Benzo[g,h,i]perileno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| Indeno[c,d]pireno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| 2-metilnaftaleno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| 1,3-dimetilnaftaleno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |
| 1-metilfenantreno | <0,01 | <0,01 | <0,01 | s.d. | s.d. | s.d. |

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

Tabla 2.31 – Resumen estadístico de las concentraciones de metales/metaloideos registradas de en el año 2020 en las estaciones de monitoreo del Programa de Calidad de Aguas.

| | As | Cd | Cr | Cu | Hg | Mo | Ni | Pb | Se | U | Zn |
|--------------------------|------|-------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|-------|
| Número de muestras | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 |
| Frecuencia detección (%) | 90 | 6,8 | 39 | 93 | 0 | 84 | 62 | 65 | 18 | 51 | 47 |
| Máximo (µg/L) | 25 | 1,5 | 12 | 69 | <1 | 5,1 | 61 | 74 | 1,1 | 5 | 154 |
| Mínimo (µg/L) | <1 | <0,1 | <1 | <1 | <0,1 | <1 | <0,3 | <0,6 | <0,4 | <0,2 | <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.

2.4.2 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales/metaloideos en muestras de agua fueron evaluados tomando como referencia valores guía (Tabla 2.32) que definen la aptitud del agua para diferentes usos (Organización Mundial de la Salud 2018; *Canadian Environmental Quality Guidelines*, 2014).

Tabla 2.32 - Valores guía para diferentes usos del agua

| Parámetro | Valor guía (µg/L) | | | |
|-----------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| | Agua Potable ⁽¹⁾ | Irrigación ⁽²⁾ | Ganadería ⁽³⁾ | Vida acuática ⁽⁴⁾ |
| Arsénico | 10 | 100 | 25 | 5 |
| Cadmio | 3 | 5,1 | 80 | 0,37 ^(*) |
| Cinc | (**) | 1.000-5.000 ⁽⁵⁾ | 50.000 | 7 ^(***) |
| Cobre | 2.000 | 200 -1.000 ⁽⁶⁾ | 500-1.000-5.000 ⁽⁷⁾ | 4 ^(*) |
| Cromo | 50 ⁽⁸⁾ | 4,9-8,0 ⁽⁹⁾ | 50 ⁽¹⁰⁾ | 1,0–8,9 ⁽¹¹⁾ |
| Mercurio | 6 ⁽¹²⁾ | - | 3 | 0,026 |
| Molibdeno | (**) | 10-50 ⁽¹³⁾ | 500 | 73 |
| Níquel | 70 | 200 | 1.000 | 150 ^(*) |
| Plomo | 10 | 200 | 100 | 7 ^(*) |
| Selenio | 40 | 20-50 ⁽¹⁴⁾ | 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 µg/L cuando el pH del suelo es <6,5; 5.000 µg/L cuando es >6,5; (6) 200 µg/L para cereales; 1000 µg/L para cultivos tolerantes; (7) 500 µg/L para ovinos, 1000 µg/L para bovinos, 5.000 µg/L para porcinos; (8) Para cromo total; (9) 4,9 µg/L para cromo trivalente, 8,0 para cromo hexavalente; (10) 50 µg/L para cromo trivalente y hexavalente; (11) 1,0 µg/L para cromo hexavalente, 8,9 µg/L para cromo trivalente; (12) Para mercurio inorgánico. (13) La concentración no debe exceder 10 µg/L para uso continuo en todos los suelos o 50 µg/L para uso no prolongado en suelos ácidos. (14) 20 µg/L para uso continuo en todos los suelos; 50 µg/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 2.33.

Tabla 2.33 Valores guía para HAPs para la protección de la vida acuática (*Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2014*)

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

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*).

2.4.3 Discusión

Metales/metaloides

Las concentraciones de los metales/metaloides detectados en el presente año, en algunas ocasiones (Tablas 2.5, 2.11, 2.14, 2.17 y 2.20) superaron el valor guía para el agua potable (Tabla 2.32). Tal es el caso del arsénico en el mes de enero en las estaciones CL 0, CL 2, CL 3, CL 4-a y CL 5 y el plomo en las estaciones CL 0, CL 2, CL 3, CL4-a y CL 5 en enero, en CL3 en junio y CL 0, CL 3 y CL 5 en noviembre, en tanto que en la estación CL 2 el nivel de plomo detectado (10 ± 3 µg/L), debido a la incertidumbre de la medición, no puede concluirse si superó o no el valor guía.

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, mientras que para irrigación fue superado el valor guía de cromo, tanto hexavalente como trivalente, en la zona no regulada del río, en enero, en las estaciones CL 3,

CL 4-a y CL 5 y en junio en la estación CL 3. En enero, en la estación CL2 el valor guía fue superado para cromo trivalente pero no para cromo hexavalente. No obstante el análisis realizado es el de cromo total, no discriminando entre las dos especies de cromo.

En la mencionada zona los valores guía para la protección de la vida acuática para arsénico, cadmio, cinc, cobre, cromo y plomo fueron superados en diversas oportunidades.

En enero, los niveles de arsénico superaron el valor guía para la protección de la vida acuática en todas las estaciones involucradas en esa zona y en marzo solamente en la estación CL 0. Aguas abajo del embalse Casa de Piedra, en todos los casos las concentraciones halladas fueron inferiores al citado valor guía.

Los niveles de cadmio, en enero, en todas las estaciones ubicadas en la zona no regulada del río, a excepción de la estación CL 1, superaron el valor guía para la protección de la vida acuática. En la zona regulada por el embalse en todos los casos las concentraciones de este metal fueron inferiores a dicho valor guía y al correspondiente límite de cuantificación.

Las concentraciones de cinc halladas, en diversas ocasiones, particularmente en el período enero-marzo y en octubre y diciembre (cuando se dispuso de datos para afirmarlo), superaron el valor guía para la protección de la vida acuática en las estaciones ubicadas aguas arriba del embalse Casa de Piedra. En tanto que aguas abajo del embalse ocasionalmente, las concentraciones de este metal superaron ligeramente mencionado valor guía.

En la zona no regulada, el cobre, en base a los datos disponibles, presentó un patrón similar al del cinc, con mayores valores en el período enero-marzo y, por lo general, en octubre-diciembre. Esta situación no se observó aguas abajo del embalse, en dónde el valor guía no se superó en ningún caso.

En el caso del cromo, el valor guía fue excedido en las estaciones CL 0, CL 2, CL 3 CL 4-a y CL 5 tanto para cromo trivalente como hexavalente. No obstante, la concentración analizada se refiere a cromo total, no discriminando entre las diferentes especies de este metal que pudieran estar presentes.

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.

En la zona no regulada del río, los niveles de molibdeno y níquel detectados fueron inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática, en tanto que los de plomo en la mencionada zona superaron dicho valor particularmente en enero y también en noviembre.

Las concentraciones de molibdeno, níquel, selenio y uranio detectadas fueron inferiores a sus respectivos valores guía para la protección de la vida acuática. Debido a la incertidumbre de la medición, el valor hallado para selenio en mayo en la estación CL 2 (Tabla 2.11) no permite obtener una conclusión definitiva con respecto a la superación o no del correspondiente valor guía.

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 a la escorrentía superficial que tiene lugar en el período de fusión nival.

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 para consumo humano y para la protección de la vida acuática no se encuentra afectada por la presencia de HAPs.

2.5 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, en el presente año no se dispone de esa información.

2.6 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en el análisis químico, y en función de los datos disponibles, se concluye que el agua mantuvo su aptitud para todos los usos a que es sometida en la cuenca en el período estudiado. No

obstante, con respecto a la protección de la vida acuática, al carecerse de los ensayos ecotoxicológicos, no puede emitirse una conclusión definitiva en relación con la significación de los metales/metaloideos cuyos valores guía fueron superados o la situación singular que se da para el mercurio, cuyo límite de cuantificación es superior al valor guía para la protección de la vida acuática.

Con respecto al uso en irrigación, la excedencia de un valor guía (cromo) tuvo carácter puntual y transitorio, por lo que se estima que no afectó la calidad del agua para dicho uso.

Referencias

- 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.*
- ISO/IEC, 2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.*
- OMS (Organización Mundial de la Salud), 2018, *Guías para la Calidad del Agua de Consumo. 4^{ta} edición incorporando la primera adenda, Ginebra.*
- 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.*

[Página dejada intencionalmente en blanco]

2020

Subprograma
Calidad del Medio
Acuático

Capítulo 3

CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS DE FONDO



[Página dejada intencionalmente en blanco]

3.1 Introducción

El presente capítulo contiene los resultados de los análisis de metales/metaloideos y de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) con sedimentos de fondo, realizados con muestras extraídas en las estaciones de la red de monitoreo del Subprograma Calidad del Medio Acuático (Tabla 3.1) durante el año 2020 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 los muestreos de sedimentos de fondo para ensayos ecotoxicológicos no fueron llevados a cabo dado que existían problemas en el transporte de las muestras hasta la Universidad Nacional de Luján.

3.2 Estaciones de monitoreo

Tabla 3.1 Estaciones de monitoreo de sedimentos de fondo en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra.

| Estación de muestreo | Coordenadas geográficas |
|---|-------------------------------|
| Río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández | S 37°18'36,6" - O 69°03'02,4" |
| Embalse Casa de Piedra (toma) | |
| Sitio 1a | S 38°12'32,7" - O 67°13'13,7" |
| Sitio 1b | S 38°12'51,8" - O 67°12'34,3" |
| Sitio 1c | S 38°12'59,5" - O 67°12'19,4" |
| Sitio 2a | S 38°12'17,7" - O 67°12'54,7" |
| Sitio 2b | S 38°12'35,7" - O 67°12'19,2" |
| Sitio 2c | S 38°12'41,8" - O 67°12'00,8" |
| Sitio 3a | S 38°12'00,3" - O 67°12'37,7" |
| Sitio 3b | S 38°12'15,4" - O 67°12'02,8" |
| Sitio 3c | S 38°12'23,1" - O 67°11'44,3" |

3.3 Metodología de muestreo

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

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% y agua ultrapura (Tipo I ASTM) (muestras para análisis de metales/metaloideos); y con ácido nítrico 5% y acetona grado cromatográfico (muestras para 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% 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 descrito (POE S001).

Para el análisis de metales/metaloideos y HAPs, las muestras de sedimentos de fondo fueron envasadas en recipientes de vidrio sometidos previamente al procedimiento de limpieza antes descrito y fueron luego congeladas en *freezer* (-18°C) y enviadas a los laboratorios en ese estado.

3.4 Metodologías analíticas

3.4.1 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 2005)*. Del listado de metales/metaloides, solamente el ensayo de mercurio se encuentra acreditado por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA).

Técnicas y métodos analíticos

Las técnicas y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación figuran en las Tablas 3.2 y 3.3.

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

| Elemento | Técnica analítica | Método analítico | Límite de cuantificación (µg/g) |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------------------|
| Arsénico | ICP-OES | EPA 3051 A – 6010 D | 3 |
| Bario | ICP-OES | EPA 3051 A – 6010 D | 1,25 |
| Boro | ICP-OES | EPA 3051 A – 6010 D | 2 |
| Cadmio | ICP-OES | EPA 3051 A – 6010 D | 0,63 |
| 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 | 3,13 |
| Níquel | ICP-OES | EPA 3051 A – 6010 D | 0,63 |
| Plata | ICP-OES | EPA 3051 A – 6010 D | 0,156 |
| Plomo | ICP-OES | EPA 3051 A – 6010 D | 0,63 |
| Selenio | ICP-OES | EPA 3051 A – 6010 D | 1,56 |
| Vanadio | ICP-OES | EPA 3051 A – 6010 D | 0,31 |

AA: espectrometría de absorción atómica – ICP-OES: espectrometría de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente.

3.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Técnica y métodos analíticos

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 2005)*.

La técnica y el método analítico empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 – Técnica y métodos analíticos empleados en el análisis de HAPs en sedimentos de fondo y sus respectivos límites de cuantificación.

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

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)*.

3.5 Resultados

Análisis químico

3.5.1 Metales/metaloides

Tabla 3.4 Metales/metaloides ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández (Noviembre 2020).

| Metales/metaloides ($\mu\text{g/g}$ peso seco) | |
|--|----------------|
| Arsénico | <3,0 |
| Bario | 391 \pm 109 |
| Boro | <2,0 |
| Cadmio | <0,60 |
| Cinc | 115 \pm 20 |
| Cobre | 71,0 \pm 8,5 |
| Cromo | 12,8 \pm 1,9 |
| Mercurio | <0,1 |
| Molibdeno | <3,10 |
| Níquel | 20,4 \pm 3,9 |
| Plata | <0,150 |
| Plomo | 16,6 \pm 6,6 |
| Selenio | <1,50 |
| Vanadio | 94,9 \pm 15 |

Tabla 3.5 Metales/metaloideos ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo en la toma del embalse Casa de Piedra (Noviembre 2020).

| Metales/ metaloideos ($\mu\text{g/g}$) | Transectas | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 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 | 130 \pm 28,6 | 114 \pm 25,1 | 113 \pm 24,9 | 111 \pm 24,4 | 108 \pm 23,8 | 113 \pm 24,9 | 98,6 \pm 22 | 115 \pm 25,3 | 121 \pm 26,6 |
| 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 | 38,9 \pm 6,6 | 35,4 \pm 6,0 | 36,7 \pm 6,2 | 30,7 \pm 5,2 | 31,7 \pm 5,4 | 33,6 \pm 5,7 | 27,6 \pm 4,7 | 32,7 \pm 5,6 | 36,4 \pm 6,2 |
| Cobre | 21,8 \pm 2,6 | 19,1 \pm 2,3 | 21,4 \pm 2,6 | 16,5 \pm 2,0 | 15,6 \pm 1,9 | 17,9 \pm 2,1 | 14,7 \pm 1,8 | 18,4 \pm 2,2 | 18,8 \pm 2,3 |
| Cromo | 3,9 \pm 0,6 | 3,7 \pm 0,6 | 3,4 \pm 0,5 | 2,7 \pm 0,4 | 2,3 \pm 0,3 | 2,4 \pm 0,4 | 3,0 \pm 0,5 | 2,6 \pm 0,4 | 3,7 \pm 0,6 |
| 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 | 3,6 \pm 0,7 | 2,6 \pm 0,5 | 2,8 \pm 0,5 | 2,2 \pm 0,4 | 1,7 \pm 0,3 | 1,2 \pm 0,2 | 1,5 \pm 0,3 | 2,0 \pm 0,4 | 2,5 \pm 0,5 |
| 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 | 50 \pm 8 | 45,6 \pm 7 | 46,5 \pm 7 | 40,1 \pm 6 | 42,9 \pm 7 | 42,3 \pm 7 | 36,1 \pm 6 | 42,6 \pm 7 | 50,1 \pm 8 |

3.5.2 Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Tabla 3.6 –HAPs en sedimentos de fondo ($\mu\text{g/g}$ peso seco) en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández (Noviembre 2020).

| HAPs | $\mu\text{g/g}$ (peso seco) |
|-----------------------|-----------------------------|
| 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 |

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

Tabla 3.7– HAPs en sedimentos de fondo ($\mu\text{g/g}$ peso seco) extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra (Noviembre 2020).

| HAPs ($\mu\text{g/g}$) | Transectas | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 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 |

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

3.6 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales/metaloides 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 3.8 y 3.9.

Tabla 3.8 Valores guía y niveles de efecto probable de metales/metaloides en sedimentos de fondo de agua dulce para la protección de la vida acuática ⁽¹⁾

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

⁽¹⁾ *Canadian Environmental Quality Guidelines, CCME, 2014.*

Tabla 3.9 Valores guía de HAPs para la calidad de los sedimentos de aguas dulces para la protección de la vida acuática (*Canadian Environmental Quality Guidelines, CCME, 2014*)

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

3.7 Discusión

Tanto en los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández), como los correspondientes al área de la toma del embalse Casa de Piedra, las concentraciones halladas de arsénico, boro, cadmio, mercurio, molibdeno, plata 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. En el caso del boro esta situación no ha podido ser confirmada por no haber sido derivado hasta el presente un valor guía para el mismo.

Para molibdeno, níquel, plata, selenio y vanadio aún no han sido desarrollados valores guía para la protección de la vida acuática, por lo cual no puede establecerse por esta vía la significación de los niveles hallados.

En el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández) la concentración detectada de cinc fue inferior al respectivo valor guía para la protección de la vida acuática, no obstante, debido a la incertidumbre de la medición, no puede afirmarse que dicho valor guía no haya sido superado. En tanto que la concentración de cobre superó dicho valor guía aunque fue muy inferior al nivel de efecto probable. La concentración de plomo detectada resultó inferior al valor guía para la protección de la vida acuática.

En el área de la toma del embalse Casa de Piedra, las concentraciones de arsénico, boro, cadmio, mercurio, molibdeno, plata, plomo y selenio en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo fueron en todos los casos inferiores a los respectivos límites de cuantificación del método. En el caso del arsénico, cinc, cobre, cromo, mercurio y plomo, los correspondientes valores guía se sitúan muy por encima del respectivo límite de cuantificación. El límite de cuantificación de cadmio es coincidente con su valor guía (0,60 µg/L).

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.

3.8 Conclusiones

Como se ha expresado anteriormente, a causa de la pandemia COVID-19, en el presente año la evaluación de la calidad de los sedimentos de fondo estuvo limitada solamente a los análisis químicos de metales/metaloides y HAPs, no contándose en esta oportunidad con los ensayos ecotoxicológicos como herramienta complementaria para efectuar un diagnóstico integral,

particularmente en los casos donde aún no han sido derivados valores guía para protección de la vida acuática. En aquellos casos en los cuales sí se dispone de valores guía, las concentraciones de metales/metaloides y HAPs no los superaron, siendo más aún muy inferiores a los mismos. Por lo tanto, puede concluirse que en dichos casos, esas sustancias no representaban un riesgo para la vida acuática.

Referencias

CCME, 2014, Canadian Environmental Quality Guidelines - Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.
ISO/IEC (International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission), 2005, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

[Página dejada intencionalmente en blanco]

2020

Subprograma
Calidad del Medio
Acuático

Capítulo 4

EVALUACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN MÚSCULO DE PECES



[Página dejada intencionalmente en blanco]

4.1 Introducción

En el presente capítulo se informan 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 noviembre de 2020, 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.

Se describen las metodologías de captura y mediciones de los ejemplares obtenidos, así como las técnicas y métodos analíticos empleados por los laboratorios actuantes.

4.2 Estaciones de monitoreo

En la Tabla 4.1 se indican las estaciones de monitoreo de peces y su ubicación geográfica.

Tabla 4.1 Estaciones de monitoreo de peces

| Cuerpo de agua | Sitio de muestreo | Coordenadas geográficas |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Río Colorado | Puesto Hernández | S 37°18´36,6" O 69°03´02,4" |
| Embalse Casa de Piedra | cercanías de la Villa Casa de Piedra | S 38°09´39,8" O 67°10´16,3" |

4.3 Métodos de captura y obtención de las muestras

Como consecuencia de la pandemia de COVID-19 se retrasó el muestreo, el cual normalmente se realiza en septiembre – octubre, llevándose a cabo en este caso en noviembre. En la estación Puesto Hernández este retraso tuvo un efecto negativo dado que en esa época el caudal del río Colorado aumenta notablemente, habiéndose tornado imposible acceder a los sitios de muestreo habituales dada la inundación de las márgenes. No se logró ubicar ningún sitio alternativo. Por lo tanto, en esta oportunidad, no pudo utilizarse la pesca eléctrica ni la red de voleo.

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.

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.

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

En este sitio, también como consecuencia de la pandemia COVID-19, no fue posible ingresar por la costa pampeana por lo que se ingresó por margen rionegrina. La pesca en este lugar fue abundante con sólo dos especies presentes: pejerrey bonaerense y carpa. Fueron capturados 72 ejemplares de pejerrey bonaerense y 9 de carpa. Se les extrajo las muestras de músculo dorsal a 10 pejerreyes y a las 9 carpas obtenidas.

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) del Programa de Aseguramiento de la Calidad para Operaciones de Campo del COIRCO.

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.

4.4 Metodologías analíticas

4.4.1 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 2005)*.

Técnicas y métodos analíticos

Las técnicas y métodos analíticos empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 4.2.

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

| Elemento | Técnica analítica | Método analítico | Límite de cuantificación (µg/g) |
|-----------|-------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 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: espectrometría de emisión por plasma inductivo con detección por espectrometría de masa.

4.4.2 Análisis de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Técnica y métodos analíticos

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 2005)

La técnica y el método analítico empleados con sus respectivos límites de cuantificación se muestran en la Tabla 4.3

Tabla 4.3 – Técnica y método analítico y su correspondiente límite de cuantificación.

| HAPs | Técnica analítica | Método analítico | Límite de cuantificación (µg/g) |
|------------------------|---|--------------------|---------------------------------|
| Naftaleno | Cromatografía gaseosa con espectrometría de masas | EPA 3540 C/ 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 | | |

4.5 Resultados

4.5.1 Metales/metaloideos

Tabla 4.4 Concentraciones de metales/metaloideos ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de ejemplares de pejerrey bonaerense y carpa capturados en el embalse Casa de Piedra (Villa) - Noviembre de 2020.

| Metal/metaloide ($\mu\text{g/g}$) | Pejerrey bonaerense (10) ^(*) | Carpa (9) ^(*) |
|-------------------------------------|---|--------------------------|
| Arsénico | <0,5 | <0,5 |
| Antimonio | <0,5 | <0,5 |
| Bario | <0,5 | <0,5 |
| Cadmio | <0,5 | <0,5 |
| Cinc | <5 | <5 |
| Cobre | <1,0 | <1,0 |
| Cromo | <0,5 | <0,5 |
| Hierro | <5 | 12,6 \pm 3,8 |
| 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 |

(*) Cantidad de ejemplares

4.5.2 Hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Tabla 4.5 Concentraciones de HAPs ($\mu\text{g/g}$, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de pejerrey bonaerense y carpa capturados en el embalse Casa de Piedra (Villa) en Noviembre de 2020.

| HAPs ($\mu\text{g/g}$) | Pejerrey bonaerense (10) | Carpa (9) |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------|
| 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 |

4.6 Límites máximos de tolerancia para el consumo humano

Los resultados obtenidos en el análisis de metales/metaloideos 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 4.6.

Tabla 4.6 – Límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos en peces y productos de la pesca (SENASA y Código Alimentario Argentino)

| Metal/metaloide | Límite (µg/g) |
|-----------------|----------------------|
| Antimonio | 20 ⁽¹⁾ |
| Arsénico | 1 ⁽¹⁾ |
| Bario | 500 ⁽¹⁾ |
| Boro | 100 ⁽¹⁾ |
| Cadmio | 5 ⁽¹⁾ |
| Cinc | 100 ⁽¹⁾ |
| Cobre | 10 ⁽¹⁾ |
| Cromo | - |
| Hierro | 500 ⁽¹⁾ |
| Mercurio | 0,5 ^(1,2) |
| Molibdeno | - |
| Níquel | 150 ⁽¹⁾ |
| Plata | 1 ⁽¹⁾ |
| Plomo | 20 ⁽¹⁾ |
| Selenio | 0,3 ⁽¹⁾ |

⁽¹⁾ SENASA (Res. Ex-SENASA N° 533 – 10/05/94) ⁽²⁾ 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)*.

4.7 Conclusiones

En el presente año debido a los elevados caudales existentes en la oportunidad del muestreo no pudieron lograrse capturas de peces en el río Colorado (Puesto Hernández).

En el embalse Casa de Piedra (área de la Villa) se obtuvieron capturas de ejemplares pejerrey bonaerense y de carpa. En este sitio no hubo detección de metales/metaloideos en pejerrey bonaerense, en tanto que en carpa solamente fue detectado hierro en una concentración muy inferior al límite para el consumo humano.

El análisis de HAPs no detectó la presencia de estas sustancias en el músculo dorsal de las especies capturadas, a un nivel de concentración inferior al que permite un consumo irrestricto de pescado (*US EPA 2000*).

Referencias

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), 2017, Capítulo VI –Alimentos Cárneos y Afines – Actualizado 10/2017.
- ISO/IEC, 2005, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.*
- 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.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency), 2000, Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories – Volume 2: Risk Assessment and fish consumption limits. Third edition - 823_B-00-008 –Washington D.C.*

2020

Subprograma
Calidad del Medio
Acuático

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



[Página dejada intencionalmente en blanco]

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en la ejecución del Subprograma Calidad del Medio Acuático en el periodo de estudio 2020, 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:

- En la zona no regulada del río, se observó que las concentraciones de algunos metales/metaloides superaban el valor guía para el agua potable tomado como referencia, solamente en el período de fusión nival. El resto del año las concentraciones fueron inferiores a dicho valor guía. Al ser este evento de corta duración y estar ligado al elevado contenido de material particulado producido por la escorrentía se considera que no afecta la calidad del agua para ser usada como fuente de agua potable.
- Aguas abajo del embalse Casa de Piedra, las concentraciones de todos los metales/metaloides analizados fueron 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, mientras que para irrigación, en la zona no regulada del río, fue superado el valor guía de un solo metal (cromo) durante la fusión nival y en una ocasión durante el período de caudal base.
- No hubo detección de HAPs en ninguna de las estaciones muestreadas.

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 de estos disponibles permiten establecer que el recurso mantiene su aptitud para ser usado como fuente de agua potable, en irrigación y ganadería.

La imposibilidad de realizar los ensayos ecotoxicológicos impidió 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 efectuar esa verificación.

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.

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.

Recomendaciones

- Continuar con el monitoreo de metales/metaloides y HAPs en columna de agua en las estaciones establecidas al efecto con el fin de lograr una evaluación permanente de la calidad del agua para diferentes usos en el sistema del río Colorado.
- Retomar la realización de los ensayos de ecotoxicidad crónica con agua del río Colorado como complemento del análisis químico en los sitios evaluados en años anteriores.
- Mantener el monitoreo de metales/metaloides y HAPs en sedimentos de fondo en las estaciones establecidas para ese fin en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra con el fin obtener una evaluación permanente de la calidad de estos para la protección de la vida acuática.
- Retomar la realización de ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo y la evaluación de biomarcadores en los organismos de ensayo con el fin de mantener un seguimiento permanente en este compartimento.
- Continuar con el monitoreo de sustancias tóxicas en músculo de peces, a fin de contar con información actualizada sobre la variación temporal de los niveles de metales/metaloides y HAPs en relación con la aptitud para el consumo humano

2020

Subprograma
Calidad del Medio
Acuático

GLOSARIO



[Página dejada intencionalmente en blanco]

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 μm 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 (mS/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 biodisponible.

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.

Metales: 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 ión 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

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

[Página dejada intencionalmente en blanco]



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

(0291) 455-1054/3054

coirco@coirco.gov.ar – www.coirco.gov.ar