PROGRAMA INTEGRAL DE CALIDAD DE AGUAS DEL RÍO COLORADO

SUBPROGRAMA CALIDAD DEL MEDIO ACUÁTICO

AÑO 2015

INFORME PRELIMINAR

COMITE INTERJURISDICCIONAL DEL RIO COLORADO

COIRCO

CONTENIDOS

Capítulo 1 - Calidad de aguas

1.1 Análisis físico-químicos

1.1.1 Parámetros medidos *in situ*, metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

1.1.2 Valores guía

1.1.3 Discusión

1.2 Ensayos ecotoxicológicos con *Daphnia magna*

1.2.1 Resultados

1.3 Ensayos ecotoxicológicos con *Pseudokirchneriella subcapitatae*

1.3.1 Resultados

1.4 Discusión

Capítulo 2 - Calidad de los sedimentos de fondo

2.1 Análisis químico

2.1.1 Metales/metaloides

2.1.2 HAPs

2.1.3 Valores guía

2.1.4 Discusión

2.2 Ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo

2.2.1 Ensayos ecotoxicológicos con *Hyalella curvispina*

2.2.1.1 Resultados

2.2.1.2 Discusión

2.2.2 Ensayos ecotoxicológicos con *Vallisneria spiralis*

2.2.2.1 Resultados

2.2.2.2 Discusión

2.3 Evaluación de las actividades enzimáticas de guaiacol peroxidasa y catalasa sobre *Vallisneria spiralis* expuesta al sedimento entero.

2.3.1 Resultados

2.3.1.1 Evaluación de la actividad de guaiacol peroxidasa

2.3.1.2 Evaluación de la actividad de catalasas

2.4 Conclusiones generales

2.5 Recomendaciones

Capítulo 3 - Evaluación de sustancias tóxicas en músculo de peces

3.1 Análisis químico

3.1.1 Metales/metaloides

3.1.2 HAPs

3.1.3 Límites para el consumo humano

3.1.4 Discusión

Conclusiones y Recomendaciones

Capítulo 1

CALIDAD DEL AGUA

1.1 Análisis físico-químicos

1.1.1 Parámetros medidos *in situ*, metales/metaloides e hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs)

Tabla 1.1 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 0 (Río Barrancas) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

Parámetros medidos *in situ*	Campañas											
	1 (04/01/15)	2 (01/02/15)	3 (01/03/15)	4 (05/04/15)	5 (03/05/15)	6 (31/05/15)	7 (05/07/15)	8 (26/07/15)	9 (06/09/15)	10 (04/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Hora	14:01	13:50	14:22	13:48	13:13	14:31	14:25	15:15	16:44	14:15	14:24	14:10
pH	8,15	8,29	8,47	8,55	8,57	8,15	8,16	8,42	8,16	8,13	8,06	08:14
Temperatura del agua (ºC)	19,34	21,7	19,5	16,7	9,9	9,5	8,8	11,0	11,0	11,0	16,0	17,6
Temperatura del aire (ºC)	36,0	37,0	25,0	24,0	20,5	22,0	13,0	22,0	16,5	15,5	37,0	31,0
Conductividad específica [µS/cm]	650	842	815	826	847	816	846	850	773	695	555	453

Tabla 1.2 Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 0 (Río Barrancas) en el período Enero 2015 – Diciembre de 2015.

Metal/ metaloide (µg/L)	Campañas											
	1 (04/01/15)	2 (01/02/15)	3 (01/03/15)	4 (05/04/15)	5 (03/05/15)	6 (31/05/15)	7 (05/07/15)	8 (26/07/15)	9 (06/09/15)	10 (04/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Arsénico	2,5±0,6	5±1	2,4±0,6	2,5±0,6	2,8±0,6	2,6±0,6	2,5±0,6	2,8±0,7	2,0±0,7	1,0±0,2	2,0±0,7	1,6±0,7
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	3,9±0,4	51±4	7±1	3,9±0,4	2,5±0,2	1,6±0,1	2,9±0,2	2,0±0,2	3,5±0,2	4,2±0,3	8,9±0,7	10±1
Cobre	1,4±0,1	4,3±0,4	3,0±0,3	1,4±0,1	1,5±0,1	0,7±0,1	1,5±0,1	1,4±0,1	2,3±0,2	1,4±0,1	4,0±0,3	8,2±0,7
Cromo	0,3±0,1	0,5±0,2	0,5±0,2	0,3±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	<0,4	0,5±0,1	1,3±0,2	0,6±0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	2,6±0,4	2,3±0,3	1,9±0,3	2,6±0,4	2,8±0,4	2,3±0,2	2,0±0,2	2,1±0,2	2,1±0,2	2,0±0,2	1,7±0,1	1,3±0,1
Níquel	2,4±0,3	4,5±0,8	3,1±0,4	2,4±0,3	2,5±0,3	1,4±0,1	2,4±0,2	2,2±0,2	2,4±0,2	0,9±0,1	3,6±0,3	3,0±0,3
Plomo	1,6±0,1	15±1	3,2±0,4	1,6±0,1	0,9±0,1	<0,6	1,1±0,1	0,6±0,1	1,4±0,1	1,5±0,1	3,5±0,2	2,0±0,2
Selenio	0,6±0,1	<0,4	<0,4	0,6±0,1	0,8±0,1	0,4±0,1	<0,4	<0,4	0,6±0,1	<0,4	0,7±0,1	0,4±0,1
Uranio	0,3±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1	<0,2	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,4±0,1	0,2±0,1

Tabla 1.3 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 0 (Río Barrancas) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

HAPs (µg/L)	Campañas											
	1 (04/01/15)	2 (01/02/15)	3 (01/03/15)	4 (05/04/15)	5 (03/05/15)	6 (31/05/15)	7 (05/07/15)	8 (26/07/15)	9 (06/09/15)	10 (04/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Naftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Tabla 1.4 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 1 (Río Grande, Bardas Blancas, aguas arriba del puente de la Ruta Nacional Nº 40) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

Parámetros medidos *in situ*	Campañas											
	1 (04/01/15)	2 (01/02/15)	3 (01/03/15)	4 (05/04/15)	5 (03/05/15)	6 (31/05/15)	7 (05/07/15)	8 (26/07/15)	9 (06/09/15)	10 (04/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Hora	16:58	16:20	16:44	16:23	15:30	17:12	17:21	18:00	19:19	16:42	16:52	16:53
pH	8,07	8,31	8,55	8,52	8,51	8,21	8,22	8,00	7,99	7,93	7,93	7,92
Temperatura del agua (ºC)	17,98	20,1	17,0	14,5	9,6	7,4	4,9	8,4	8,5	9,50	12,0	14,3
Temperatura del aire (ºC)	36,0	38,0	27,0	24,5	16,0	14,0	8,0	14,0	13,0	11,0	17,0	30,0
Conductividad específica [µS/cm]	818	1095	1201	1340	1460	1515	1499	1465	1184	996	821	635

Tabla 1.5 Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 1 (Río Grande en Bardas Blancas) en el período Enero 2015 – Diciembre de 2015.

Metal/ metaloide (µg/L)	Campañas											
	1 (04/01/15)	2 (01/02/15)	3 (01/03/15)	4 (05/04/15)	5 (03/05/15)	6 (31/05/15)	7 (05/07/15)	8 (26/07/15)	9 (06/09/15)	10 (04/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Arsénico	1,7±0,4	2,4±0,6	2,3±0,6	3,2±0,7	3,3±0,7	3,0±0,7	2,8±0,7	3,2±0,7	2,2±0,7	2,9±0,7	3,8±0,7	1,9±0,7
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	3,1±0,3	20±2	4,4±0,5	1,9±0,2	4,1±0,4	2,4±0,2	2,8±0,2	3,0±0,2	3,9±0,2	17±1	12±1	14±1
Cobre	8,2±0,9	11±1	6,6±0,6	4,9±0,5	6,9±0,6	3,8±0,2	7,5±0,5	7,0±0,5	6,1±0,5	20±2	15±1	7,5±0,6
Cromo	<0,4	0,4±0,2	0,3±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	0,6±0,1	<0,4	0,7±0,1	1,5±0,2	0,6±0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	1,0±0,2	<0,6	1,0±0,1	1,0±0,1	1,4±0,1	1,3±0,1	0,9±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	2,1±0,2	0,7±0,1	0,4±0,1
Níquel	3,9±0,8	2,2±0,4	2,5±0,3	3,1±0,3	4,0±0,3	2,9±0,2	3,8±0,4	4,6±0,4	3,1±0,3	3,4±0,3	4,3±0,3	3,2±0,3
Plomo	0,6±0,1	0,6±0,1	1,0±0,1	<0,6	0,8±0,1	<0,6	<0,6	<0,6	0,7±0,1	2,1±0,1	3,1±0,2	1,7±0,2
Selenio	<0,4	<0,4	<0,4	0,4±0,1	0,8±0,1	0,7±0,1	<0,4	<0,4	0,6±0,1	0,5±0,1	0,6±0,1	<0,4
Uranio	0,2±0,1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	<0,2

Tabla 1.6 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 1 (Río Grande en Bardas Blancas) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

HAPs (µg/L)	Campañas											
	1 (04/01/15)	2 (01/02/15)	3 (01/03/15)	4 (05/04/15)	5 (03/05/15)	6 (31/05/15)	7 (05/07/15)	8 (26/07/15)	9 (06/09/15)	10 (04/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Naftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Tabla 1.7 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 2015 - Diciembre 2015.

Parámetros medidos *in situ*	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (06/09/15)	10 (04/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Hora	07:22	07:10	07:13	07:05	07:40	07:45	07:40	07:50	13:45	11:58	12:35	12:26
pH	7,89	8,08	8,35	8,52	8,40	8,16	8,24	8,27	8,24	7,84	7,93	7,93
Temperatura del agua (ºC)	18,30	21,1	16,6	13,7	7,0	8,9	5,3	8,7	12,0	12,0	15,0	17,4
Temperatura del aire (ºC)	18,0	21,0	10,0	8,0	-1,0	12,0	9,0	11,0	19,0	13,0	25,0	31,0
Conductividad específica [µS/cm]	864	1038	1189	1268	1315	1323	1300	1297	1101	1015	830	706

Tabla 1.8 Concentraciones de metales/metaloides en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 2 (Río Colorado a la altura de Buta Ranquil) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

Metal/ metaloide (µg/L)	Campañas											
	1 (04/01/15)	2 (01/02/15)	3 (01/03/15)	4 (06/04/15)	5 (03/05/15)	6 (31/05/15)	7 (05/07/15)	8 (26/07/15)	9 (06/09/15)	10 (04/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Arsénico	1,7±0,4	3,2±0,7	3,0±0,7	3,2±0,7	2,9±0,7	2,9±0,7	2,6±0,6	2,9±0,7	2,3±0,7	2,3±0,7	3,6±0,7	2,0±0,7
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	2,2±0,2	11±1	5,5±0,6	1,9±0,2	1,4±0,1	1,6±0,1	1,0±0,1	1,8±0,2	4,4±0,3	20±1	15±1	7,2±0,6
Cobre	3,9±0,4	5,9±0,6	5,0±0,5	2,4±0,2	2,5±0,2	1,6±0,1	1,8±0,1	2,3±0,2	4,9±0,4	8,4±0,7	16±1	7,2±0,6
Cromo	<0,4	0,4±0,2	0,5±0,2	0,5±0,2	0,4±0,1	0,4±0,1	0,5±0,1	0,8±0,1	<0,4	<0,4	1,8±0,2	0,8±0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	1,5±0,3	1,3±0,3	1,4±0,3	1,6±0,2	2,1±0,2	1,8±0,1	1,5±0,1	1,6±0,1	1,3±0,1	2,0±0,2	0,9±0,1	0,9±0,1
Níquel	4,2±0,8	2,9±0,4	3,9±0,5	3,0±0,3	3,6±0,3	2,5±0,2	3,3±0,3	3,7±0,3	3,1±0,3	2,8±0,2	6,1±0,4	4,1±0,4
Plomo	1,0±0,2	3,7±0,5	2,2±0,3	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1,5±0,1	1,8±0,1	5,2±0,3	1,9±0,2
Selenio	<0,4	<0,4	0,6±0,1	0,4±0,1	0,9±0,1	0,5±0,1	<0,4	<0,4	0,6±0,1	0,6±0,1	0,6±0,1	<0,4
Uranio	0,3±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1	0,3±0,1

Tabla 1.9 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 2 (Río Colorado a la altura de Buta Ranquil) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

HAPs (µg/L)	Campañas											
	1 (04/01/15)	2 (01/02/15)	3 (01/03/15)	4 (06/04/15)	5 (03/05/15)	6 (31/05/15)	7 (05/07/15)	8 (26/07/15)	9 (06/09/15)	10 (04/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Naftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	<LC
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Tabla 1.10 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 3 (Río Colorado, Desfiladero Bayo, sector petrolero aguas arriba de Rincón de los Sauces, margen derecha, Pcia de Neuquén) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

Parámetros medidos *in situ*	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (06/09/15)	10 (05/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Hora	08:58	08:35	08:45	08:43	09:35	09:35	09:33	09:36	12:03	08:34	10:54	10:53
pH	8,11	8,08	8,29	8,36	8,33	8,14	7,95	8,18	8,16	8,09	7,89	8,15
Temperatura del agua (ºC)	20,06	22,0	18,9	14,1	7,7	7,3	3,0	9,2	12,5	11,0	15,0	18,0
Temperatura del aire (ºC)	23,0	22,0	17,0	10,0	4,5	5,0	-3,0	11,0	18,0	9,0	22,0	24,5
Conductividad específica [µS/cm]	905	1054	1164	1275	1307	1345	1321	1309	1112	1030	829	712

Tabla 1.11 Concentraciones de metales/metaloides 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 2015 - Diciembre 2015

Metal/metaloide (µg/L)	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (06/09/15)	10 (05/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Arsénico	2,0±0,5	5±1	3,1±0,7	3,2±0,7	2,9±0,7	2,9±0,7	2,6±0,6	2,9±0,7	2,6±0,7	2,5±0,7	4,4±0,7	2,0±0,7
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,23±0,05	<0,2
Cinc	3,5±0,3	57±4	7±1	2,0±0,2	2,6±0,2	2,1±0,2	0,4±0,1	1,4±0,2	4,8±0,3	16±1	23±2	8,1±0,7
Cobre	3,6±0,4	6,6±0,6	5,5±0,5	2,4±0,2	2,3±0,2	1,4±0,1	1,4±0,1	1,8±0,1	5,4±0,4	8,3±0,7	22±2	7,4±0,6
Cromo	0,4±0,2	0,5±0,2	0,6±0,2	0,5±0,2	0,4±0,1	0,5±0,1	0,4±0,1	0,7±0,1	<0,4	<0,4	2,6±0,2	1,0±0,2
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	1,5±0,3	1,6±0,3	1,4±0,3	1,7±0,2	2,1±0,2	1,8±0,1	1,6±0,1	1,8±0,1	1,3±0,1	1,7±0,1	0,9±0,1	0,7±0,1
Níquel	4,4±0,8	4,2±0,8	4,7±0,8	3,4±0,3	3,5±0,3	2,6±0,2	3,4±0,3	3,4±0,3	3,4±0,3	3,2±0,3	9,8±0,6	4,6±0,5
Plomo	1,9±0,4	11±1	2,7±0,3	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1,6±0,1	2,6±0,2	9,2±0,6	2,3±0,2
Selenio	<0,4	<0,4	0,5±0,1	0,4±0,1	0,9±0,1	0,5±0,1	<0,4	<0,4	0,5±0,1	0,4±0,1	0,6±0,1	<0,4
Uranio	0,4±0,1	0,4±0,1	0,5±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	0,6±0,1	0,8±0,1	0,3±0,1

Tabla 1.12 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 2015 - Diciembre 2015

HAPs (µg/L)	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (06/09/15)	10 (05/10/15)	11 (01/11/15)	12 (29/11/15)
Naftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	<LC
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Tabla 1.13 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 4 (Río Colorado, Punto Unido, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, margen izquierda, provincia de La Pampa) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

Parámetros medidos *in situ*	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (07/09/15)	10 (05/10/15)	11 (02/11/15)	12 (30/11/15)
Hora	13:37	13:35	13:19	13:30	13:58	14:14	14:03	14:00	12:47	13:25	12:13	12:18
pH	7,89	7,87	8,21	8,29	8,28	7,93	8,41	8,21	8,24	8,08	8,12	7,92
Temperatura del agua (ºC)	23,89	25,2	23,6	17,8	13,7	10,0	6,5	10,8	13,2	14,0	17,0	21,4
Temperatura del aire (ºC)	32,0	28,0	25,0	19,5	20,5	16,5	12,0	16,0	20,0	17,0	23,0	29,5
Conductividad específica [µS/cm]	929	1560	1200	1344	1410	1420	1377	1345	1145	1098	891	745

Tabla 1.14 Concentraciones de metales/metaloides (µg/L) en la columna de agua en la Estación CL 4 (Río Colorado, Punto Unido, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, margen izquierda, provincia de La Pampa) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015

Metal/metaloide (µg/L)	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (07/09/15)	10 (05/10/15)	11 (02/11/15)	12 (30/11/15)
Arsénico	1,9±0,5	9±2	5±1	3,4±0,7	3,0±0,7	3,0±0,7	2,7±0,6	3,0±0,7	2,8±0,7	3,1±0,7	5,0±0,7	3,1±0,7
Cadmio	<0,2	<0,2	0,22±0,05	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,25±0,05	<0,2
Cinc	2,7±0,2	53±4	23±2	2,5±0,2	2,0±0,2	2,3±0,2	0,9±0,1	1,0±0,1	4,1±0,2	12±1	24±2	14±1
Cobre	3,5±0,4	23±2	16±2	2,7±0,2	2,2±0,2	1,3±0,1	1,5±0,1	1,4±0,1	4,9±0,4	11±1	23±2	11±1
Cromo	0,5±0,2	4,1±0,5	1,3±0,4	0,5±0,2	0,4±0,2	0,4±0,1	0,5±0,1	0,6±0,1	<0,4	0,6±0,1	2,6±0,2	1,5±0,2
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	1,8±0,3	1,4±0,3	1,4±0,3	1,9±0,2	2,5±0,2	2,1±0,2	1,7±0,1	2,0±0,1	1,6±0,1	1,8±0,2	0,8±0,1	0,8±0,1
Níquel	4,7±0,8	29±2	9±1	3,8±0,4	4,3±0,4	2,7±0,2	4,2±0,4	3,6±0,4	3,4±0,3	4,1±0,3	10±0,6	7,5±0,6
Plomo	1,3±0,3	18±1	7±1	0,7±0,1	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	1,5±0,1	3,4±0,2	9,7±0,6	4,8±0,3
Selenio	<0,4	1,3±0,2	0,7±0,1	0,5±0,1	0,9±0,1	0,5±0,1	<0,4	<0,4	0,6±0,1	0,4±0,1	0,6±0,1	<0,4
Uranio	0,5±0,2	3,7±0,6	1,2±0,2	0,6±0,1	0,7±0,1	0,6±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1	0,4±0,1	0,8±0,1	1,1±0,1	0,6±0,1

Tabla 1.15 - Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (µg/L) en la columna de agua en la Estación CL 4 (Río Colorado, Punto Unido, aprovechamiento múltiple 25 de Mayo, margen izquierda, provincia de La Pampa en el período Enero 2015 - Diciembre 2015

HAPs (µg/L)	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (07/09/15)	10 (05/10/15)	11 (02/11/15)	12 (30/11/15)
Naftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Tabla 1.16 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 5 (Río Colorado, Pasarela Medanito, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

Parámetros medidos *in situ*	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (07/09/15)	10 (05/10/15)	11 (02/11/15)	12 (30/11/15)
Hora	12:04	12:07	12:03	12:00	12:40	12:54	12:45	12:47	11:23	12:33	11:10	11:00
pH	7,88	8,14	8,29	8,30	8,35	8,18	8,20	8,24	8,15	8,08	8,15	7,87
Temperatura del agua (ºC)	23,49	24,9	22,4	17,1	12,5	9,3	6,5	10,5	12,0	14,0	18,0	21,9
Temperatura del aire (ºC)	35,0	29,0	25,0	19,0	18,0	16,5	12,0	17,0	17,0	23,0	22,0	31,0
Conductividad específica [µS/cm]	945	1066	1240	1379	1430	1440	1421	1382	1169	1188	942	775

Tabla 1.17 Concentraciones de metales metaloides en réplicas de columna de agua (µg/L) en la estación CL 5 (río Colorado, Pasarela Medanito, margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2015 – Diciembre 2015

Metal/ metaloide (µg/L)	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (07/09/15)	10 (05/10/15)	11 (02/11/15)	12 (30/11/15)
Arsénico	2,0±0,5/ 2,0±0,5	5±1/ 5±1	6±1/ 6±1	3,3±0,7/ 3,3±0,7	3,0±0,7/ 2,9±0,7	3,0±0,7/ 3,0±0,7	2,9±0,7/ 2,9±0,7	3,2±0,7/ 3,0±0,7	2,9±0,7/ 2,8±0,7	3,3±0,7/ 3,0±0,7	5,8±0,7/ 5,6±0,7	2,8±0,7/ 2,9±0,7
Cadmio	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	0,34±0,05/ 0,32±0,05	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	0,25±0,05/ 0,27±0,05	<0,2/<0,2
Cinc	3,5±0,3/ 2,7±0,2	11±1/ 16±1	35±3/ 23±2	2,5±0,2/ 3,1±0,3	1,4±0,1/ 1,2±0,1	2,8±0,2/ 2,3±0,2	2,4±0,2/ 1,1±0,1	1,5±0,2/ 1,2±0,1	4,7±0,3/ 5,2±0,3	15±1/ 12±1	26±2/ 26±2	9,2±0,8/ 12±1
Cobre	3,7±0,4/ 3,5±0,4	7,0±0,6/ 8,5±0,7	24±2/ 20±2	2,7±0,2/ 2,7±0,2	2,2±0,2/ 2,1±0,2	1,3±0,1/ 1,4±0,1	2,0±0,1/ 1,7±0,2	1,7±0,1/ 1,8±0,1	5,2±0,4/ 5,4±0,4	11±1/ 10±1	26±2/ 26±2	8,5±0,7/ 9,3±0,8
Cromo	0,5±0,2/ 0,4±0,2	0,6±0,2/ 0,9±0,2	2,6±0,7/ 1,3±0,4	0,5±0,2/ 0,5±0,2	0,4±0,2/ 0,4±0,2	0,5±0,1/ 0,5±0,1	0,6±0,1/ 0,7±0,1	0,7±0,1/ 1,2±0,1	<0,4/<0,4	0,6±0,1/ 0,5±0,1	2,8±0,2/ 2,6±0,2	1,1±0,2/ 1,3±0,2
Mercurio	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2	<0,2/<0,2
Molibdeno	1,7±0,3/ 3,7±0,6	1,8±0,3/ 1,4±0,3	1,3±0,3/ 2,0±0,4	2,1±0,3/ 2,0±0,3	2,7±0,3/ 2,7±0,3	2,3±0,2/ 2,3±0,2	2,0±0,2/ 2,0±0,2	2,1±0,2/ 2,2±0,2	1,6±0,2/ 1,6±0,2	1,8±0,2/ 1,7±0,1	1,0±0,1/ 1,0±0,1	1,3±0,1/ 1,0±0,1
Níquel	4,8±0,8/ 4,6±0,8	4,7±0,8/ 6±1	15±2/ 11±1	4,3±0,4/ 4,0±0,4	4,6±0,4/ 4,1±0,4	2,8±0,2/ 3,0±0,3	4,2±0,4/ 4,7±0,4	4,4±0,4/ 3,9±0,4	3,4±0,3/ 3,7±0,3	5,2±0,4/ 4,9±0,4	11±0,6/ 11±0,6	5,9±0,6/ 6,7±0,6
Plomo	1,3±0,3/ 1,3±0,3	6,9±0,8/ 8±1	12±1/ 9±1	<0,6/ 0,7±0,1	<0,6/<0,6	<0,6/<0,6	<0,6/<0,6	<0,6/<0,6	2,0±0,1/ 2,0±0,1	4,4±0,3/ 4,5±0,3	12±0,9/ 12±0,9	3,4±0,2/ 3,9±0,2
Selenio	<0,4/<0,4	<0,4/<0,4	0,6±0,1/ 0,8±0,1	0,6±0,1/ 0,5±0,1	0,9±0,1/ 0,8±0,1	0,4±0,1/ 0,5±0,1	<0,4/<0,4	<0,4/<0,4	0,6±0,1/ 0,6±0,1	0,6±0,1/ 0,4±0,1	0,4±0,1/ 0,4±0,1	<0,4/<0,4
Uranio	0,5±0,2/ 0,5±0,2	0,6±0,2/ 0,7±0,2	1,9±0,3/ 1,7±0,2	0,6±0,1/ 0,6±0,1	0,7±0,1/ 0,7±0,1	0,6±0,1/ 0,7±0,1	0,6±0,1/ 0,6±0,1	0,6±0,1/ 0,6±0,1	0,5±0,1/ 0,5±0,1	1,1±0,1/ 1,1±0,1	1,3±0,1/ 1,3±0,1	0,5±0,1/ 0,5±0,1

Tabla 1.18 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares en réplicas obtenidas en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 5 (río Colorado a la altura de pasarela Medanito) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015

HAPs (µg/L)	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (07/09/15)	10 (05/10/15)	11 (02/11/15)	12 (30/11/15)
Naftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Tabla 1.19 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 6 (en la descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha) en el período Enero 2015 – Diciembre 2015

Parámetros medidos *in situ*	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (07/09/15)	10 (05/10/15)	11 (02/11/15)	12 (30/11/15)
Hora	15:41	15:30	15:05	15:27	16:05	16:35	16:30	16:10	14:50	15:15	14:05	14:12
pH	7,88	7,90	8,22	8,32	8,25	8,19	8,41	8,20	8,22	8,08	8,08	7,89
Temperatura del agua (ºC)	20,60	23,5	23,6	20,2	16,9	13,8	9,9	10,7	11,5	13,0	15,0	20,0
Temperatura del aire (ºC)	37,0	34,0	31,0	24,0	18,5	16,0	12,0	16,0	22,5	22,0	28,0	34,0
Conductividad específica [µS/cm]	1229	1161	1180	1203	1245	1302	1250	1330	1343	1330	1351	1315

Tabla 1.20 Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 6 (en la descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

Metal/metaloide (µg/L)	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (07/09/15)	10 (05/10/15)	11 (02/11/15)	12 (30/11/15)
Arsénico	2,3±0,6	2,8±0,6	2,7±0,6	3,0±0,6	2,9±0,6	3,2±0,7	3,0±0,7	3,1±0,7	2,4±0,7	1,9±0,7	2,1±0,7	2,3±0,7
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	0,8±0,2	1,6±0,2	2,6±0,3	1,9±0,2	0,4±0,1	2,1±0,2	2,7±0,2	0,7±0,1	1,2±0,1	1,1±0,1	0,6±0,1	2,6±0,1
Cobre	1,9±0,3	1,5±0,2	1,3±0,2	1,4±0,1	1,3±0,1	1,2±0,1	1,2±0,1	0,9±0,1	0,8±0,1	0,9±0,1	1,0±0,1	1,5±0,1
Cromo	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	0,2±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	<0,4	<0,4	0,7±0,1	0,5±0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	3,3±0,5	2,8±0,4	3,2±0,5	3,2±0,5	3,8±0,5	3,4±0,5	3,4±0,5	3,6±0,5	3,0±0,4	3,1±0,4	2,7±0,3	2,9±0,3
Níquel	5,0±1	3,0±0,4	2,8±0,4	3,3±0,3	3,3±0,3	3,3±0,3	4,1±0,4	5,2±0,5	3,2±0,3	1,4±0,1	2,7±0,3	4,0±0,4
Plomo	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Selenio	0,6±0,2	<0,4	0,5±0,1	0,5±0,1	0,9±0,1	0,7±0,1	0,4±0,1	0,5±0,1	0,7±0,1	0,5±0,1	0,6±0,1	0,4±0,1
Uranio	0,9±0,3	0,8±0,3	0,7±0,2	0,7±0,2	0,8±0,2	0,9±0,2	0,9±0,2	0,8±0,2	0,6±0,2	0,8±0,1	0,7±0,2	0,7±0,2

Tabla 1.21 Concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAPs) en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 6 (en la descarga del embalse Casa de Piedra, margen derecha) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

HAPs (µg/L)	Campañas											
	1 (05/01/15)	2 (02/02/15)	3 (02/03/15)	4 (06/04/15)	5 (04/05/15)	6 (01/06/15)	7 (06/07/15)	8 (27/07/15)	9 (07/09/15)	10 (05/10/15)	11 (02/11/15)	12 (30/11/15)
Naftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Tabla 1.22 Parámetros medidos *in situ* en la Estación CL 10 (Río Colorado, El Gualicho margen derecha, provincia de Río Negro) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

Parámetros medidos *in situ*	Campañas											
	1 (06/01/15)	2 (04/02/15)	3 (03/03/15)	4 (08/04/15)	5 (05/05/15)	6 (03/06/15)	7 (07/07/15)	8 (29/07/15)	9 (08/09/15)	10 (07/10/15)	11 (03/11/15)	12 (02/12/15)
Hora	13:12	08:25	11:13	08:17	11:39	08:10	11:10	07:58	12:05	07:50	10:30	06:59
pH	8,06	8,13	8,23	8,32	8,28	8,13	8,24	8,27	8,18	8,16	8,15	8,42
Temperatura del agua (ºC)	24,45	22,7	23,3	15,7	12,7	12,2	8,3	10,0	13,5	11,0	19,0	17,0
Temperatura del aire (ºC)	31,0	18,0	26,0	13,0	14,0	13,0	10,0	2,0	15,5	10,0	19,0	13,0
Conductividad específica [µS/cm]	1389	1245	1291	1325	1720	1930	1780	1840	1445	1420	1475	1421

Tabla 1.23 Concentraciones de metales y metaloides en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 10 (Río Colorado, El Gualicho) en el período Enero 2015 - Diciembre 2015.

Metal/metaloide (µg/L)	Campañas											
	1 (06/01/15)	2 (04/02/15)	3 (03/03/15)	4 (08/04/15)	5 (05/05/15)	6 (03/06/15)	7 (07/07/15)	8 (29/07/15)	9 (08/09/15)	10 (07/10/15)	11 (03/11/15)	12 (02/12/15)
Arsénico	1,9±0,5	3,4±0,7	2,8±0,6	3,2±0,7	3,3±0,6	3,7±0,7	3,4±0,7	3,5±0,7	2,5±0,7	2,1±0,7	2,5±0,7	3,0±0,7
Cadmio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cinc	0,5±0,2	2,6±0,3	3,7±0,5	2,7±0,2	1,7±0,1	1,9±0,1	0,7±0,1	0,4±0,1	1,2±0,1	2,1±0,1	1,1±0,1	2,4±0,1
Cobre	1,2±0,3	2,4±0,3	2,1±0,2	2,1±0,2	2,0±0,2	1,2±0,1	1,1±0,1	1,0±0,1	1,3±0,1	1,5±0,1	1,4±0,1	1,8±0,1
Cromo	<0,4	<0,4	<0,4	0,5±0,2	<0,4	0,5±0,1	0,6±0,1	0,6±0,1	<0,4	<0,4	0,8±0,1	0,6±0,1
Mercurio	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno	<0,6	3,4±0,5	3,7±0,5	3,4±0,5	5,4±0,6	4,3±0,5	4,4±0,5	4,5±0,5	3,3±0,4	3,4±0,4	3,3±0,4	2,9±0,3
Níquel	4,4±0,8	3,5±0,4	3,5±0,4	3,8±0,4	3,8±0,4	4,4±0,4	5,6±0,5	5,3±0,5	3,6±0,3	1,9±0,1	2,8±0,3	4,4±0,4
Plomo	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Selenio	0,5±0,2	<0,4	0,7±0,1	0,4±0,1	1,1±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,7±0,1	0,7±0,1	0,5±0,1	0,6±0,1	0,4±0,1
Uranio	0,8±0,3	0,9±0,3	0,9±0,3	0,9±0,3	1,2±0,3	1,3±0,3	1,1±0,3	1,1±0,3	0,7±0,2	0,9±0,1	0,8±0,2	0,9±0,2

Tabla 1.24 Concentraciones de HAPs en la columna de agua (µg/L) en la estación CL 10 (Río Colorado, El Gualicho) en el período Enero 2015 - Noviembre 2015.

HAPs (µg/L)	Campañas											
	1 (06/01/15)	2 (04/02/15)	3 (03/03/15)	4 (08/04/15)	5 (05/05/15)	6 (03/06/15)	7 (07/07/15)	8 (29/07/15)	9 (08/09/15)	10 (07/10/15)	11 (03/11/15)	12 (02/12/15)
Naftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzoantraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Tabla 1.25 – Resumen estadístico de las concentraciones registradas de metales/metaloides durante el ciclo 2015.

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	U	Zn
Número de muestras	96	96	96	96	96	94	96	96	96	96	96
Frecuencia detección (%)	100	5,2	76	100	0	98	100	47	66,7	93,8	100
Máximo (µg/L)	9,0	0,33	4,10	26,0	<0,2	5,4	29,0	18,0	1,3	3,7	57,0
Mínimo (µg/L)	2,9	<0,2	<0,4	0,70	<0,2	0,4	0,9	<0,6	<0,4	<0,2	0,4
Media (µg/L)	2,98			5,16		2,09	4,26				7,11
Mediana (µg/L)	2,9	<0,2	0,43	2,4	<0,2	1,85	3,6	<0,6	0,5	0,50	2,7
Percentil 75 (µg/L)	3,2	<0,2	0,60	6,9	<0,2	2,7	4,4	5,2	0,6	0,80	7,2
Percentil 95 (µg/L)	5,0	0,22	1,80	22,0	<0,2	3,8	9,8	10,5	0,9	1,20	26

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

1.1.2 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides en muestras de agua fueron evaluados tomando como referencia valores guía (Tabla 1.26) que definen la aptitud del agua para diferentes usos (WHO 1993, 1998, 2006; *Canadian Environmental Quality Guidelines* 2005, 2006, 2011; CCREM 1987).

Tabla 1.26 - Valores guía para diferentes usos del agua

Parámetro	Valor guía (µg/L)			
	Agua Potable (1,2)	Irrigación(3)	Ganadería(4)	Vida acuática(5)
Arsénico	10	100	25	5
Cadmio	3	5,1	80	0,37(*)
Cinc	3.000(6)	1.000-5.000(7)	50.000	30
Cobre	2.000	200 -1.000(8)	500-1.000-5.000(9)	4(*)
Cromo	50(10)	4,9-8,0(11)	50	1,0–8,9(12)
Mercurio	6(13)	-	3	0,026
Molibdeno	70	10-50(14)	500	73
Níquel	70	200	1.000	150(*)
Plomo	10	200	100	7(*)
Selenio	10	20-50(15)	50	1
Uranio	15(16)	10	200	15

[1] Dado que en la mayoría de los suministros de agua potable con captaciones en el río Colorado, el único tratamiento de potabilización aplicado es la desinfección, se han adoptado los valores guía para el agua de bebida como valores guía de calidad de la fuente; (2) WHO, 1993, 1998, 2008; (3) CCME, (2005) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Irrigation*; (4) CCME, (2005) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Uses – Livestock*; (5) CCME, (2006, 2011) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. – (6) La OMS no fija valor guía para el cinc basado en

consideraciones sobre la salud humana. El valor de 3000 µg/L está referido a la aceptabilidad por parte de consumidor. (7) 1.000 µg/L cuando el pH del suelo es <6,5, 5.000 µg/L cuando el pH del suelo es >6,5; (8) 200 µg/L para cereales; 1000 µg/L para cultivos tolerantes; (9) 500 µg/L para ovinos, 1000 µg/L para bovinos, 5.000 µg/L para porcinos; (10) Para cromo total; (11) 4,9 µg/L para cromo total, 8,0 para cromo trivalente; (12) 1,0 µg/L para cromo hexavalente, 8,9 µg/L para cromo trivalente; (13) Para mercurio inorgánico. (14) 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. (15) 20 µg/L para uso continuo en todos los suelos; 50 µg/L para uso intermitente en todos los suelos. (16) Para uranio inorgánico. (*) Los valores guía para la protección de la vida acuática para cadmio, cobre, níquel y plomo, son los que recomienda en la última actualización de *Canadian Environmental Quality Guidelines* (15/01/2014) para valores de dureza total mayores de 180 mg/L (cobre, níquel y plomo) y de 280 mg/L (cadmio).

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 1.27.

Tabla 1.27 Valores guía para HAPs para la protección de la vida acuática (*Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*

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

(1) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, 2014

En relación con la salud humana, los resultados obtenidos fueron contrastados con el valor guía de la Organización Mundial de la Salud para benzo[a]pireno, el cual es 0,7 µg/L (WHO 2006). Este valor guía, en base a estimaciones de la potencia relativa de los HAPs (WHO 1998, 2008), da protección para el resto de los miembros del grupo.

1.1.3 Discusión

Metales y metaloides

Los niveles de metales/metaloides detectados en el presente ciclo en general en todos los casos fueron inferiores a los respectivos valores guía para uso como fuente de agua potable y para uso agrícola y ganadero. La excepción la constituyó el plomo, cuyas concentraciones en algunas ocasiones (Tabla 1.25) superaron ligeramente los

valores guía para uso como fuente de agua potable y para la protección de la vida acuática en algunos lugares.

Los valores guía para la protección de la vida acuática para arsénico, cinc, cobre, cromo, y selenio fueron superados en diversas oportunidades. En tanto que las concentraciones detectadas de molibdeno, níquel y uranio fueron inferiores a dichos valores guía.

No hubo detección de mercurio. Sin embargo, el límite de cuantificación para este metal es superior al respectivo 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. Esta situación y la superación del citado valor guía por algunos metales/metaloides fue evaluada mediante la realización de ensayos ecotoxicológicos.

A partir de los resultados obtenidos a través del análisis químico y de los ensayos ecotoxicológicos, se concluye que el agua mantiene su aptitud para todos los usos a que es sometida en la cuenca.

El origen de los metales y metaloides detectados se atribuye a la litología de la alta cuenca, ya que a los mismos se los detecta, en algunos casos en concentraciones superiores en esa zona, la cual no está sometida a 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 producida por la fusión nival.

HAPs

La situación general observada fue de no detección de HAPs durante el período de estudio en todas las estaciones. En dos oportunidades se informaron dos detecciones de naftaleno en las estaciones CL 2 y CL 3 en niveles inferiores al límite de cuantificación. Las concentraciones correspondientes a los límites de detección y de cuantificación son muy inferiores al valor guía adoptado (0,7 µg/L).

Los resultados obtenidos indican que la calidad del agua para consumo humano no se encuentra afectada por la presencia de HAPs.

1.2 Ensayos ecotoxicológicos con *Daphnia magna*

(Saenz, María Elena, Alberdi, José Luis, Di Marzio, Walter D. - Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Programa Integral de Calidad de Agua del Sistema del Río Colorado – Año 2015, Subprograma Calidad del Medio Acuático - Informe de Resultados, Noviembre de 2015).

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

Las muestras de agua para ensayos ecotoxicológicos fueron extraídas en el río Colorado en el mes de Octubre de 2015, en un área donde tienen lugar actividades potencialmente generadoras de contaminantes (estaciones CL 2 y CL 3)

Se efectuó la evaluación de la ecotoxicidad crónica de la columna de agua en 2 estaciones de muestreo sobre la tasa de crecimiento poblacional del alga *Chlorofita Selenastrum capricornutum,* actualmente denominada *Pseudokirchneriella subcapitata* (Hindak, 1990) expuesta durante 96 horas, y la sobrevivencia y reproducción de una población de *Daphnia magna*, al cabo de 21 días de exposición.

Con *Pseudokirchneriella subcapitata s*e realizaron ensayos a fin de determinar la inhibición del crecimiento exponiendo a las muestras analizadas en ensayos estáticos de 96 horas de duración. Las respuestas obtenidas se utilizaron con el fin de obtener datos de fitotoxicidad de las muestras ambientales. La respuesta de la población fue medida en términos de cambios en densidad celular y contenido en clorofila "a".

En los ensayos con *Daphnia magna* los efectos ecotóxicos seleccionados para la evaluación de la toxicidad crónica de esta especie frente a la exposición a las muestras de agua fueron la sobrevivencia y la reproducción.

1.2.1 Resultados

Supervivencia

Los resultados obtenidos para cada una de las diferentes concentraciones analizadas y grupos control respecto del efecto tóxico crónico sobre la mortalidad de los ejemplares expuestos durante 21 días se resumen en la Tabla 1.28. Se indican los valores medios de los porcentajes de supervivencia registrados, al cabo de 21 días de exposición, a una concentración del 100% de cada una de las muestras y controles, considerando tres réplicas por tratamiento.

Los datos de supervivencia obtenidos fueron sometidos al Test Exacto de Fisher a efectos de comprobar la existencia de diferencias significativas entre la supervivencia registrada en la población control y los distintos grupos de tratamiento, con un nivel de significación de 0,05.

Tabla 1.28 Porcentajes de supervivencia observados en una población de *Daphnia magna* al finalizar el ensayo al cabo de 21 días, para los controles y organismos expuestos a dos muestras líquidas del río Colorado extraídas en Octubre de 2015. Los resultados representan el promedio de tres réplicas por tratamiento y control.

Muestra	Supervivencia (%)	*F*[1] (α = 0,05)	*b*[2]
Control[3]	90,00		
Buta Ranquil (CL2)	80,00	20	24
Desfiladero Bayo (CL 3)	83,33	20	25

[1] Valor Crítico de Fisher *(F)* a un nivel de significación de 0,05; [2]Parámetro de Fisher: si b es mayor que *F* no existe diferencia significativa entre el Control y el Tratamiento considerado, a un nivel de significación de 0,05; [3] Población control, mantenida durante 21 días en las condiciones indicadas para el ensayo en agua de dilución, en ausencia de muestra.

Los resultados alcanzados indican que las muestras líquidas provenientes de las Estaciones 2 (Buta Ranquil) y Estación 3 (Desfiladero Bayo) no resultan ejercer efecto tóxico crónico significativo sobre la supervivencia ($p \leq 0.05$), respecto de los controles sobre la supervivencia de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días, en las condiciones de los ensayos.

Reproducción

Los resultados obtenidos para cada una de las muestras analizadas respecto del efecto tóxico crónico sobre la reproducción, expresada como Tasa Neta de Reproducción, de la población de *Daphnia magna* expuesta a las muestras durante 21 días se resumen en la Tabla 1.29. Se indican los valores medios y la desviación estándar de los porcentajes de supervivencia registrados, al cabo de 21 días de exposición, a cada una de las muestras y controles, considerando tres réplicas por tratamiento.

Tabla 1.29 - Tasa neta de reproducción (expresada como el número promedio de progenie hembra capaz de ser producida por cada hembra de la población durante toda su vida) calculada en una población de *Daphnia magna*, como consecuencia de la exposición crónica a dos muestras provenientes del río Colorado extraídas en Octubre de 2015, analizado durante 21 días. Los resultados representan el promedio de tres réplicas por tratamiento y control.

Muestra	Tasa Neta de Reproducción (número promedio de progenie hembra/hembra)
Control[1]	63,75 (±2,111)
Buta Ranquil (CL 2)	67,23 (±3,669)
Desfiladero Bayo (CL 3)	65,93(±3,899)

[1] Población control, mantenida durante 21 días en las condiciones del ensayo en agua de dilución, en ausencia de muestra.

Los resultados alcanzados indican que la muestras provenientes de las Estaciones CL 2 (Buta Ranquil) y CL 3 (Desfladero Bayo) no resultan ejercer efecto tóxico crónico significativo respecto del control (ANOVA de un factor y test de Dunnett, $p > 0,05$), sobre la reproducción, expresada como Tasa Neta de Reproducción, de la población de *Daphnia magna* expuesta durante 21 días, en las condiciones de los ensayos.

1.3 Ensayos con *Pseudokirchneriella subcapitata*

1.3.1 Resultados

En la tabla 1.30 se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de inhibición de crecimiento algal empleando la especie *P. subcapitata*. Cada resultado representa la media de cuatro réplicas. El desvío estándar se indica entre paréntesis.

Tabla 1.30 - Resultados obtenidos luego de la incubación de *P. subcapitata* en medio control y en las muestras ambientales por un período de 96 horas. Entre paréntesis se indica el desvío estándar.

Muestra	Densidad celular (células/ml x 10^6)	Clorofila *a* *in vivo* (µg/L)	% Inhibición
Control[3]	7,04 (±0,2)		
Buta Ranquil (CL 2)	6,97 (±0,1)	58,7 (±2,5)	0
Desfiladero Bayo (CL 3)	7,19 (±0,4)	62,2 (8,3)	0

El análisis estadístico realizado demostró que las diferencias observadas entre los resultados obtenidos en las muestras ambientales y los controles no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Las muestras ambientales no ejercieron efectos fitotóxicos sobre las poblaciones algales de *P. subcapitata* CCAP 278/4

1.4 Discusión

Los datos obtenidos en los ensayos crónicos con muestras de agua del río Colorado, provenientes de las estaciones CL 2 (Buta Ranquil) y CL 3 (Desfiladero Bayo) empleando *Daphnia magna y Pseudokirchneriella subcapitata* como organismos de ensayo, permiten establecer la ausencia efectos tóxicos crónicos.

Esta conclusión es coherente con la obtenida a través de los análisis químicos efectuados a fin de constatar la aptitud del agua para diferentes usos en los mencionados sitios. Además, aporta información en aquellos casos donde no es posible arribar a una conclusión por limitaciones del instrumental analítico disponible o por haberse superado un valor guía para la protección de la vida acuática.

Capítulo 2

CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS DE FONDO

2.1 Análisis químico

2.1.1 Metales y metaloides

Tabla 1.2 Metales y metaloides (µg/g, peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo extraídos en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández (Septiembre 2015)

Metales/metaloides (µg/g)	
Arsénico	13
Bario	94
Boro	38
Cadmio	<0,3
Cinc	67
Cobre	31
Cromo	30
Mercurio	<0,05
Molibdeno	<0,5
Níquel	17
Plata	<1
Plomo	13
Selenio	<0,5
Vanadio	92

Tabla 2.2 Metales y metaloides (µg/g, peso seco) en la fracción recuperable total de los sedimentos de fondo en la toma del embalse Casa de Piedra (Septiembre 2015)

Metal/metaloide									
	Transectas (µg/g)								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Arsénico	12	7,6	12	11	7,4	10	10	12	8,6
Bario	74	66	75	74	65	60	67	72	76
Boro	51	44	49	45	44	45	47	49	49
Cadmio	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Cinc	91	81	91	84	76	75	85	90	98
Cobre	42	40	39	40	37	35	44	44	53
Cromo	40	34	39	34	32	31	34	34	35
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05
Molibdeno	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Níquel	16	15	21	15	18	13	15	15	16
Plata	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomo	11	11	13	10	10	9,2	12	14	33
Selenio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Vanadio	162	143	125	145	136	129	142	152	156

2.1.2 HAPs

Tabla 3.2 – HAPs en sedimentos de fondo (µg/g peso seco) en el río Colorado, aguas abajo de Puesto Hernández (Septiembre 2015)

HAPs	µg/g (peso seco)
Naftaleno	<LC (0,0008)
Acenafteno	<LD
Acenaftileno	<LD
Fluoreno	<LD
Fenantreno	<LD
Antraceno	<LD
Metilnaftaleno	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD
Metilfenantreno	<LD
Dimetilfenantreno	<LD
Fluoranteno	<LD
Pireno	<LD
Benzo[b+k]fluoranteno	<LD
Criseno	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD
Benzo[a]pireno	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD
Benzo[ghi]perileno	<LD
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LD

Tabla 4.2 – HAPs en sedimentos de fondo (µg/g peso seco) extraídos en transectas en la toma del embalse Casa de Piedra (Septiembre de 2015).

HAPs	Transectas								
	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Naftaleno	<LC (0,0008)	<LC (0,0012)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,0034	<LC (0,0011)
Acenafteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenaftileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LC (0,0007)	<LC (0,0005)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LC (0,0006)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD	<LC (0,0016)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo[ghi]perileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno[1,2,3-cd]pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

2.1.3 Valores guía

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides y HAPs fueron evaluados tomando como referencia los valores guía para la protección de la vida acuática publicados en *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CCME 2014) los cuales figuran en las Tablas 5.2 y 6.2.

Tabla 5.2 Valores guía y niveles de efecto probable de metales y metaloides en sedimentos de fondo de agua dulce para la protección de la vida acuática [(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 6.2 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

2.1.4 Discusión

En el presente ciclo, a excepción del arsénico, se observó que, en los casos en que hubo detección, las concentraciones de los diferentes metales y metaloides investigados en la fracción recuperable total en muestras de sedimentos de fondo extraídas en el río Colorado aguas abajo de Puesto Hernández fueron inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática. La concentración de arsénico hallada superó el valor guía pero fue muy inferior al nivel de efecto probable.

En la toma del embalse Casa de Piedra, en cambio, para la mencionada sustancia el valor guía fue superado en todos los puntos de muestreo, en tanto que el nivel de efecto probable no fue sobrepasado en ningún caso. Para cadmio, cinc y plomo las concentraciones halladas fueron inferiores a los respectivos valores guía para la protección de la vida acuática. Los niveles de cobre excedieron el valor guía en todos los sitios muestreados, pero en todos los casos fueron inferiores al nivel de efecto probable. El cromo superó el correspondiente valor guía sólo en dos sitios aunque no así el nivel de efecto probable.

En relación con los HAPs, en los sedimentos de fondo extraídos aguas abajo de Puesto Hernández, en general no hubo detección de estas sustancias. La única excepción la constituyó naftaleno, el cual fue observado en una concentración inferior al límite de cuantificación (Tabla 3.2).

En el embalse Casa de Piedra (Tabla 4.2) ocurrió una situación similar, siendo lo habitual la no observación de HAPs. Se registraron escasas detecciones de naftaleno, fluoranteno, pireno y benzo[b]fluoranteno en concentraciones inferiores a los respectivos límites de cuantificación (a excepción de una detección de naftaleno que alcanzó un valor por encima del límite de cuantificación pero que no superó el valor guía para la protección de la vida acuática).

Los ensayos ecotoxicológicos llevados a cabo con sedimentos de fondo (Sección 2.2), aportan información complementaria sobre la significación de las concentraciones de metales y metaloides que superan los respectivos valores guía y/o niveles de efecto probable para protección de la vida acuática. También, permiten evaluar un posible efecto adverso debido a la presencia de otros metales/metaloides y HAPs para los cuales aún no han sido derivados valores guía, aunque no individualizarlos si estuvieran presentes.

2.2 Ensayos ecotoxicológicos con sedimentos de fondo

(Saenz, María Elena, Alberdi, José Luis, Di Marzio, Walter D. - Programa de Investigación en Ecotoxicología – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Programa Integral de Calidad de Agua del Sistema del Río Colorado – Año 2015, Subprograma Calidad del Medio Acuático - Informe de Resultados, Noviembre de 2015).

2.2.1 Ensayos ecotoxicológicos con *Hyalella curvispina*

2.2.1.1 Resultados

Tabla 7.2 Porcentajes de mortalidad y valores de la longitud total media observados como resultado de la exposición durante 10 días de una población de *Hyalella curvispina* a muestras de sedimento entero (100%) obtenidas aguas abajo de Puesto Hernández y en las estaciones Toma (1a, 2c y 3a) en el mes de Septiembre de 2015.

Muestra	Sobrevivencia (%)	s	c.v.	Crecimiento (µm)	s	c.v.
Control[1]	95	0,58	6,08	1212,50	85,39	7,04
Puesto Hernández	87,5	0,50	5,71	14,2250*	91,42	6,43
Toma del embalse Casa de Piedra (1a)	92,5	0,50	5,41	1265,00	51,96	4,11
Toma del embalse Casa de Piedra (2c)	95	0,58	6,08	1201,25	81,69	6,80
Toma del embalse Casa de Piedra (3a)	97,5	0,50	5,13	1227,25	81,88	6,67

[1] Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra. s: desvío estándar, c.v.: coeficiente de variación en %. * significativo respecto de los controles $p<0,05$.

2.2.1.2 Discusión

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la ausencia de efectos ecotóxicos significativos de los sedimentos analizados respecto del crecimiento y sobrevivencia sobre individuos de *Hyalella curvispina* para las muestras extraídas en el embalse Casa de Piedra en los sitios 1a, 2c y 3a ($p>0,05$).

Para la muestra de sedimentos de fondo extraídas aguas abajo de Puesto Hernández, hubo efecto significativo sobre el crecimiento ($p<0,05$) y no significativo para mortalidad ($p>0,05$).

2.2.2 Ensayos ecotoxicológicos con *Vallisneria spiralis*

2.2.2.1 Resultados

Tabla 8.2. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) y contenido de clorofila *a* de *Vallisneria spiralis* al cabo de 10 días de exposición a sedimento control y a muestras de 100% de sedimento provenientes de las estaciones Puesto Hernández y Toma del embalse Casa de Piedra

(Septiembre de 2015). Los resultados para cada muestra representan el promedio y el desvío estándar.

Muestra	Tasa de crecimiento relativo (TCR)	Contenido de clorofila *a* (mg/g, peso fresco)
Control[1]	9,7 (±0,1)	272,1 (±9,3)
Puesto Hernández	9,8 (±0,2)	281,4 (±4,5)
Toma del embalse 1a	9,9 (±0,6)	281,4 (±8,7)
Toma del embalse 2c	14,7 (±0,4)*	345,0 (±10,1)*
Toma del embalse 3a	9,9 (±1,2)	291,2 (±11,8)

[1] Población control mantenida durante 10 días en las condiciones indicadas para el ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra. Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de tasa de crecimiento y contenido de clorofila *a*. *Diferencias significativas (ANOVA Test de Dunnett $p \leq 0,05$)

2.2.2.2 Discusión

Los valores reportados en la Tabla 8.2 indican que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la tasa de crecimiento relativo del control y las plantas incubadas en los sedimentos provenientes de las estaciones de muestreo toma embalse 1a, toma del embalse 3a y Puesto Hernández, mientras que existieron diferencias significativas entre el crecimiento de las plantas incubadas en el sedimento de la muestra toma embalse 2c y el crecimiento de las plantas controles (ANOVA test de *Dunnett*, $p \leq 0,05$). Las plantas incubadas en el sedimento de toma del embalse 2c presentaron una TCR mayor a las plantas controles, siendo esta estimulación del crecimiento de 34 % respecto a los controles.

Los resultados de contenido en clorofila *a* se correspondieron con este efecto de estimulación, ya que se registraron diferencias significativas entre los valores de clorofila *a* de las plantas incubadas en los sedimentos de la muestra de toma del embalse 2c y los controles.

2.3 Evaluación de las actividades enzimáticas de guaiacol peroxidasa y catalasa sobre *Vallisneria spiralis* expuesta al sedimento entero.

Las actividades guaiacol peroxidasa y catalasa fueron determinadas en los ejemplares control y expuestos al sedimento entero de las estaciones toma del embalse 1a, toma

del embalse 2c, toma del embalse 3a y Puesto Hernández utilizadas en los ensayos de ecotoxicidad.

2.3.1 Resultados

2.3.1.1 Evaluación de la actividad de guaiacol peroxidasa

Tabla 9.2 Actividad guaicol peroxidasa (milimoles de guaiacol catalizado por minuto de reacción por mg de proteína) luego de la exposición durante 10 días de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento entero provenientes de las diferentes estaciones (Septiembre de 2015).

Muestra	Actividad guaicol peroxidasa (mM Guaiacol/min/mg proteína)
Control[1]	0,71 (±0,8)
Puesto Hernández	1,71 (±0,2)*
Toma del embalse 1a	0,62 (±0,06)
Toma del embalse 2c	0,68 (±0,04)
Toma del embalse 3a	0,70 (±0,1)

[1] Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra. [2] Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de actividad enzimática. *Diferencias significativas (ANOVA Test de Dunnett $p<0,05$)

2.3.1.2 Evaluación de la actividad de catalasas

Tabla 10.2 Actividad catalasas (milimoles de peróxido de hidrógeno catalizado por minuto de reacción por mg de proteína) luego de la exposición durante 10 días de una población de *Vallisneria spiralis* a muestras de sedimento entero provenientes de las diferentes estaciones (Septiembre de 2015).

Muestra	Actividad catalasas (mM H_2O_2/min/mg proteína)
Control[1]	105,2 (±12,1)
Puesto Hernández	175 (±13,8)*
Toma del embalse 1a	100,13 (±3,2)
Toma del embalse 2c	99,3 (±9,6)
Toma del embalse 3a	110,3 (±9,5)

[1] Población control mantenida durante 10 días en las condiciones del ensayo en sedimento estándar y agua de dilución, en ausencia de muestra. [2] Los valores entre paréntesis representan el desvío estándar para cada valor de actividad enzimática. *Diferencias significativas (ANOVA Test de Dunnett p<0,05)

Los resultados registrados en la Tabla 9.2 permiten observar la ausencia de diferencias significativas (ANOVA de un factor con test de Dunnett, $p < 0,05$) entre los valores de la actividad guaiacol peroxidasa en las hojas de las plantas incubadas en las muestra de sedimento entero provenientes de Toma de Embalse 1a, Toma de Embalse 2c y Toma de Embalse 3a respecto de las plantas controles no expuestas. Los sedimentos provenientes del sitio de muestreo aguas abajo de Puesto Hernández provocaron un aumento significativo de la actividad de esta enzima en las hojas de las plantas respecto a la actividad de las plantas controles. El aumento registrado fue de 58 %.

Los resultados registrados en la Tabla 10.2 permiten observar la ausencia de diferencias significativas (ANOVA de un factor con test de Dunnett, $p < 0,05$) entre los valores de la actividad Catalasas de los ejemplares expuestos al sedimento entero del sitio Toma de Embalse 1a, Toma de Embalse 2c y Toma de Embalse 3a respecto de los controles en sedimento estándar.

Sin embargo se observó un significativo aumento de la actividad de esta enzima en las plantas incubadas en los sedimentos provenientes del sitio de muestreo Puesto Hernández, respecto a la actividad de las plantas controles. Este aumento fue muy pronunciado, ya que se registraron valores del 40 % respecto de los valores de las plantas controles.

Las plantas incubadas en los sedimentos provenientes de los sitios Toma de Embalse 1a y Toma de Embalse 3a presentaron un crecimiento y actividades enzimáticas para ambas enzimas estudiadas no diferente de las plantas controles. Por lo tanto estas muestras no afectaron los parámetros estudiados.

Los sedimentos provenientes del sitio toma de embalse 2c afectaron el crecimiento de las plantas expuestas, pero no alteraron de manera significativa la actividad de ambas enzimas, respecto al control.

Los sedimentos de Puesto Hernández produjeron un aumento significativo de las actividades de los biomarcadores evaluados en las plantas expuestas respecto los controles. Sin embargo la tasa de crecimiento relativo de las plantas incubadas en estos sedimentos, no fue afectada.

2.4 Conclusiones generales

De los resultados expuestos, es posible establecer que:

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

- En las condiciones de los ensayos, se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos, en relación a los controles, sobre el contenido de clorofila *a*, considerados como estimadores de la biomasa, de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a la muestra del sedimento entero extraída de la estación toma de embalse 2c, en el cauce del río Colorado (ANOVA-Dunnett $p < 0.05$). Este efecto fue estimulatorio respecto de los controles.

- En las condiciones de los ensayos, no se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos, en relación a los controles, sobre la generación de hojas nuevas de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de las estaciones Puesto Hernández**,** toma de embalse 1a y 3a, en el cauce del río Colorado (ANOVA-Dunnett $p > 0.05$).

- En las condiciones de los ensayos, se han registrado efectos ecotóxicos crónicos significativos, en relación a los controles, sobre la generación de hojas nuevas de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a la muestra del sedimento entero extraída de la estación toma de embalse 2c en el cauce del río Colorado (ANOVA-Dunnett $p < 0.05$). Este efecto fue estimulatorio respecto de los controles.

- En las condiciones de los ensayos, no se han registrado efectos significativos sobre la actividad enzimática guaiacol peroxidasa y catalasa, respecto de los controles, de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a las muestras del sedimento entero extraídas de las estaciones toma de embalse 1a, 3a, y 2c, en el cauce del río Colorado (ANOVA-Dunnett $p > 0.05$).

- En las condiciones de los ensayos, se han registrado efectos significativos sobre la actividad enzimática guaiacol peroxidasa y catalasa, respecto de los

controles, de la población de la planta macrófita acuática enraizada *Vallisneria spiralis*, como resultado de su exposición durante 10 días, a la muestra del sedimento entero extraída de la estación Puesto Hernández en el cauce del río Colorado (ANOVA-Dunnett $p < 0.05$).

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

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

- En las condiciones de los ensayos, se han registrado efectos ecotóxicos significativos, en relación a los controles, sobre el crecimiento de las poblaciones del crustáceo bentónico dulceacuícola *Hyalella curvispina*, como resultado de su exposición durante 10 días, a la muestra del sedimento entero extraída de la estación Puesto Hernández, en el cauce del río Colorado (ANOVA - Dunnett $p < 0.05$).

2.5 Recomendaciones

Entre otras acciones a considerar en el futuro:

- Se aconseja incluir la determinación del nivel de peroxidación lipídica en próximos estudios a fin de complementar y definir los efectos observados y conocer la capacidad de los mecanismos de acción antioxidantes para combatir el estrés oxidativo celular observado en *V. spiralis*.

- Podría evaluarse el consumo de oxígeno de las muestras de sedimentos y diseñar experiencias para determinar el efecto de la concentración de nutrientes especialmente fósforo.

Capítulo 3

EVALUACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN MÚSCULO DE PECES

3.1 Análisis químico

3.1.1 Metales/metaloides

Tabla 1.3 Concentraciones de metales y metaloides (µg/g, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (área Puesto Hernández) en Septiembre de 2015.

Metal/metaloide (µg/g)	Perquita espinuda (3)	Pejerrey bonaerense (1)
Arsénico	<0,2	<0,2
Antimonio	<0,2	<0,2
Bario	<0,2	<0,2
Cadmio	<0,1	<0,1
Cinc	3,4±0,2	5,2±0,4
Cobre	<0,5	<0,5
Cromo	<0,2	<0,2
Hierro	4,0±0,4	19±1
Mercurio	0,05±0,01	0,10±0,02
Molibdeno	<0,2	<0,2
Níquel	<0,2	<0,2
Plata	<0,3	<0,3
Plomo	0,20±0,03	<0,15
Selenio	<0,4	<0,4

Tabla 2.3 Concentraciones de metales y metaloides (µg/g, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de ejemplares de diferentes especies de peces capturadas en el embalse Casa de Piedra (villa) Septiembre de 2015.

Metal/metaloide (µg/g)	Pejerrey bonaerense (8)	Carpa (4)
Arsénico	<0,2	1,0±0,1
Antimonio	<0,2	<0,2
Bario	<0,2	0,4±0,1
Cadmio	<0,1	<0,1
Cinc	6,7±0,5	6,0±0,5
Cobre	<0,5	<0,5
Cromo	<0,2	<0,2
Hierro	2,1±0,2	6,7±0,5
Mercurio	0,16±0,02	0,13±0,02
Molibdeno	<0,2	<0,2
Níquel	<0,2	<0,2
Plata	<0,3	<0,3
Plomo	0,26±0,03	<0,15
Selenio	<0,4	<0,4

3.1.2 HAPs

Tabla 3.3 Concentraciones de HAPs (µg/g, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el río Colorado (área Puesto Hernández) en Septiembre de 2015.

HAPs (µg/g)	Perquita espinuda (3)	Pejerrey bonaerense (1)
Naftaleno	0,0029	0,2095
Acenaftileno	<LD	0,1160
Acenafteno	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD
Antraceno	<LC (0,0011)	<LD
Metilnaftaleno	<LD	<LD
Dimetilnaftaleno	<LD	<LD
Metilfenantreno	<LD	<LD
Dimetilfenantreno	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LD
Benzo[b+k]fluoranteno	<LD	<LD
Criseno	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	<LD	0,0422
Benzo[a]pireno	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD

LD: Límite de detección (0,001 µg/g) – LC: Límite de cuantificación: 0,003 µg/g, 0,006 µg/g para metil y dimetilnaftalenos y metil y difenilfenantrenos.

Tabla 4.3 Concentraciones de HAPs (µg/g, peso húmedo) halladas en el músculo dorsal de diferentes especies de peces capturadas en el embalse Casa de Piedra (villa) en Septiembre de 2015.

HAPs (µg/g)	Pejerrey bonaerense (8)	Carpa (4)
Naftaleno	0,0522	0,2656
Acenaftileno	<LD	<LD
Acenafteno	<LD	<LD
Fluoreno	<LD	<LD
Fenantreno	<LD	<LD
Antraceno	<LD	<LC (0,0029)
Metilnaftalenos	<LD	<LD
Dimetilnaftalenos	<LD	<LD
Metilfenantrenos	<LD	<LD
Dimetilfenantrenos	<LD	<LD
Fluoranteno	<LD	<LD
Pireno	<LD	<LC (0,0025)
Benzo[b]fluoranteno	<LD	<LD
Benzo[k]fluoranteno	<LD	<LD
Benzo[a]antraceno	0,0422	<LD
Criseno	<LD	<LD
Benzo[a]pireno	<LD	<LD
Dibenzo[a,h]antraceno	<LD	<LD
Benzo[g,h,i]perileno	<LD	<LD
Indeno[c,d]pireno	<LD	<LD

LD: Límite de detección (0,001 µg/g) – LC: Límite de cuantificación: 0,003 µg/g, 0,006 µg/g para metil y dimetilnaftalenos y metil y difenilfenantrenos.

3.1.3 Límites para el consumo humano

Los resultados obtenidos en el análisis de metales y metaloides fueron evaluados tomando como referencia los límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos para productos de la pesca (Res. ex-SENASA N° 533 del 10/05/94), los cuales se muestran en la Tabla 5.3 y los límites para el consumo de pescado basados en el riesgo de la US EPA (US EPA 2000) para los elementos que fueron detectados.

Tabla 5.3 – Límites máximos de tolerancia para contaminantes inorgánicos en peces y productos de la pesca (SENASA)

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

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).

3.1.4 Discusión

Los niveles de metales/metaloides detectadas en el músculo dorsal de las especies capturadas en el río Colorado aguas abajo de Puesto Hernández, en todos los casos resultaron inferiores a los respectivos límites para el consumo establecidos por SENASA (SENASA 1994). En el caso de selenio, el límite de cuantificación alcanzado por el laboratorio (0,4 µg/g) es ligeramente superior al límite de SENASA (0,3 µg/g).

En el embalse Casa de Piedra, se observó una situación similar a la de Puesto Hernández, encontrándose los niveles de metales/metaloides en el músculo dorsal de los ejemplares de las dos especies capturadas en concentraciones inferiores a los respectivos límites para el consumo humano. Solamente el contenido de arsénico en carpa alcanzó el respectivo límite. Sin embargo, el escaso número de ejemplares capturados no permite extraer conclusiones definitivas.

Con respecto a los HAPs, tanto en el río Colorado como en el embalse Casa de Piedra, los únicos HAPs detectados fueron naftaleno en las cuatro especies analizadas, benzo[a]antraceno en pejerrey en ambos sitios y acenaftileno en pejerrey solamente en Puesto Hernández.

Naftaleno es un miembro del grupo que por su naturaleza y su concentración, en un nivel muy bajo, no representa un riesgo para la salud humana en las presentes condiciones. Los restantes HAPs detectados, benzo[a]antraceno y acenaftileno podrían revestir significación de ser generalizada su detección y sostenida en el tiempo así como estar sometidas las especies de peces involucradas a un consumo relevante. No obstante, al igual que para los metales/metaloides, dado el escaso número de ejemplares obtenidos en los muestreos no es posible extraer una conclusión definitiva al respecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los resultados obtenidos en la ejecución del Subprograma Calidad del Medio Acuático en el período de estudio 2015, permiten extraer las siguientes conclusiones:

Calidad del agua

El monitoreo de metales/metaloides y HAPs complementado mediante la realización de ensayos ecotoxicológicos en la columna de agua en las estaciones establecidas al efecto, permite establecer que el agua mantiene su aptitud para ser usada como fuente de agua potable, en irrigación, ganadería y como medio para el desarrollo de la vida acuática.

Calidad de los sedimentos de fondo

La investigación de metales/metaloides y HAPs en sedimentos de fondo en el río Colorado (aguas abajo de Puesto Hernández) y en el embalse Casa de Piedra puso de manifiesto que los niveles detectados de estas sustancias no representaban un riesgo para la vida acuática.

En general, estos resultados fueron corroborados por los ensayos ecotoxicológicos con los dos organismos de prueba y en la evaluación de biomarcadores, a excepción de dos sitios (Puesto Hernández y sito 2c de la toma del embalse) en los cuales se registraron resultados variables que habrá que verificar en próximos muestreos.

Evaluación de sustancias tóxicas en músculo de peces

Debido al escaso número de ejemplares de peces capturados en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra, no es posible extraer una conclusión definitiva en relación con los contenidos de metales/metaloides y HAPs en el músculo dorsal de las diferentes especies y su significación para el consumo humano.

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 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 ciclo.

- 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 continua en el tiempo.

- Continuar con la realización de ensayos ecotoxicológicos con la mencionada matriz, con el fin de mantener un seguimiento permanente y observar la evolución de los resultados variables obtenidos en el presente ciclo y en ciclos anteriores con organismos de ensayo y en la evaluación de biomarcadores en el río Colorado y en el embalse Casa de Piedra.

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

Mayo 2016