Contaminación del Canal Grande, Río Negro

julio 2011

Professor Neil I. Ward ICP-MS Facility, University of Surrey UK) January 2012.

Resumen:

El objetivo de este estudio es repetir el análisis de agua y sedimentos, tomados de 9 sitios a lo largo del Canal Grande, desde el embalse dique Cordero en el río Neuquén (de donde sale el Canal Grande) hasta General Roca. Las muestras fueron tomadas en julio del 2011, cuando el canal no tenía agua de riego, y estos datos fueron comparados con aquellos de los sedimentos del estudio del 5 de julio del 2006.

Sitios:

Número	**Número anterior***	**Sitio de muestra**	**Breve descripción del lugar**
RNGC1	M1/1	Dique Cordero río Neuquén (comienzo Canal Grande)	Región central del canal, entrando del lado Norte, < 50 m de la represa
RNGC2	M1/1-3	Al Oeste antes del puente de la Ruta 151	Región central del Canal, entrando por el lado Norte, <80 m del puente (Oeste río Neuquén al lado de la Ruta 151, cruzando)
RNGC3	M2/3	Cinco Saltos	Conjunción entre el canal adyacente y la entrada del Canal Grande, embalse, muestra de la región

			central
RNGC4	M2/4	Cinco Saltos/Cipolletti	Puente que cruza el Canal Grande, antes del punto alto (parte Norte), tomado de la región central
RNGC5a	M3/1-3	Planta de ex Indupa (flujo tomado de la planta)	Parte Norte al lado de la entrada, flujo de la planta, dos montículos en el agua <50 m de la planta
RNGC5b	M3/1-3	Planta de ex Indupa (puente)	Lado Oeste del puente entrando a la planta, canal central, muestra de región central
RNGC6a	M6/1-2	Allen Canal Grande	Este de Allen en el embalse luego de parte residencial, región central < 50 m del embalse, lado Oeste
RNGC6b	M6/1-2	Allen embalse	Como lo expresado arriba, pero dentro del área del embalse
RNGC7	M12/1-3	General Roca	Cerca de Escuela del Sur, bajo el embalse del lado Este, paredes de cemento a los lados

*referencia en Nuestra Agua “Río Negro” lunes 8 de enero de 2007

Las tablas debajo muestran los niveles elementales para: (1) el agua superficial tomada del Canal Grande. Valores de la Organización Mundial para la Salud (1996) Lineamientos del agua apta para ser tomada; junto con (en paréntesis) valores de UKEQS; (2) sedimentos tomados del Canal Grande. Los valores Holandeses para suelos y UK ICRCL (valores standard del Reino Unido) son agregados para poder realizar una comparación. Aquellos niveles elementales que han **aumentado entre 2006 y 2011 se muestran en negrita.**

Niveles Elementales del Agua – Canal Grande **(todos los valores en µg/l o partes por billón)**

Elemento	Dique Cordero río Neuquěn (inicio del Canal Grande)		Oeste antes del Puente de Ruta 151		Cinco Saltos		Cinco Saltos/Cipollettti		Planta de ex Indupa (efluentes de la planta)		Planta de ex Indupa (puente)		Allen Canal Grande		Allen dique		General Roca		**OMS regulación para agua de consumo humano**
Año	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	
Mercurio Hg	0.18	0.08	0.18	0.07	0.20	0.10	0.16	0.09	4.72	**13.1**	3.20	**4.70**	0.14	**0.90**	0.18	**1.30**	0.09	0.06	**1**
Arsénico As	6.2	**14.1**	6.1	**13.5**	9.4	**14.4**	10.7	**15.1**	169.3	166.5	91.5	72.2	8.9	**18.9**	18.4	**17.1**	3.9	**7.2**	**10**
Cadmio Cd	0.4	0.08	0.7	0.08	1.4	0.10	0.9	0.08	4.7	3.7	3.1	2.1	1.4	**1.9**	1.2	**1.4**	0.4	0.07	**3**
Plomo Pb	1.45	0.7	1.6	0.7	1.83	0.9	1.4	0.8	9.8	**35.1**	7.2	**19.7**	2.7	**7.6**	2.8	**3.4**	0.74	0.5	**10**
Manganeso	18.3	**25.3**	20.2	**24.4**	17.6	**25.8**	22.4	**168.9**	426.9	**6789**	418.3	**422**	81.2	**165.3**	49.6	**73.9**	1.7	**18.4**	**500**

Mn																			
Zinc Zn	6.1	**12.5**	6.2	**8.7**	9.2	9.1	10.9	**250.9**	345	**1146.2**	247.6	**432**	15.4	**30.1**	15.48	**30.8**	7.8	6.9	**5000**
Niquel Ni	0.5	**2.4**	0.4	**2.3**	0.2	**1.4**	0.4	**2.1**	26.4	**82.5**	21.6	**39.8**	1.97	**29.7**	2.4	**19.5**	0.8	**2.8**	**(20)**
Cromo Cr	0.78	0.41	0.76	0.43	1.05	0.47	1.09	0.52	60.7	**97.4**	42.1	41.8	10.9	**47.2**	18.3	**41.7**	0.43	**1.3**	**50**
Cobre Cu	0.8	**2.3**	0.6	**2.4**	2.2	2.1	1.9	4.7	48.7	35.1	56.8	28.9	8.3	**14.7**	9.4	**22.1**	1.8	**2.7**	**2000**
Antimonio Sb	0.6	0.3	0.7	0.4	1.2	0.5	1.4	1.2	12.7	10.7	9.4	**11.4**	11.3	8.4	8.9	**9.3**	0.9	**1.1**	**(5)**
Vanadio V	1.3	**2.3**	0.9	**2.4**	1.8	**2.1**	2.4	**2.9**	48.9	**182.7**	32.1	**67.3**	12.7	**23.7**	8.3	**25.4**	1.2	**4.7**	**(20-60)**
Cobalto Co	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	4.7	**25.7**	3.3	**17.4**	1.2	**2.9**	1.1	**2.4**	0.3	0.18	**Nv**
Selenio Se	<0.5	0.65	<0.5	0.61	<0.5	0.64	<0.5	**0.78**	1.7	**12.1**	2.1	**9.7**	0.8	**6.78**	0.7	**7.93**	<0.5	**0.92**	**10**
Conductividad µSm/cm		1272		1172		1320		1520		>4000		>4000		2948		2746		1416	

Total sólidos disueltos ppm		490		433		485		678		>2000		>2000		1385		1674		914	

Niveles Elementales para Sedimentos – Canal Grande (todos los valores en mg/kg o partes por millón, peso en seco)

Elemento	Dique Cordero río Neuquěn (inicio del Canal Grande)		Oeste antes del Puente de Ruta 151		Cinco Saltos		Cinco Saltos/Cipolletti		Planta de ex Indupa (efluentes de la planta)		Planta de ex Indupa (puente)		Allen Canal Grande		Allen dique		General Roca		**Indice holandés para suelo (max) ICRCL Reino Unido**
Año	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	**2006**	**2011**	
Mercurio Hg	0.073 – 0.108	0.03	0.073 – 0.108	0.04	0.104 – 0.122	**0.13**	0.104 – 0.122	0.11	2.145	**8.75**	0.118 – 0.825	**1.68**	0.114 – 0.235	**0.28**	0.114 – 0.235	0.19	0.092 – 0.108	0.08	**0.3 (10) / 1**
Arsénico As	4.25 – 5.46	2.7	2.25 – 5.46	2.4	3.46 – 5.17	3.4	3.46 – 5.17	3.1	6.10 – 8.92	**14.7**	6.10 – 8.92	**12.9**	4.13 – 11.72	**15.4**	4.13 – 11.72	9.7	3.84 – 9.22	4.8	**29 (55) / 10**
Cadmio Cd	0.08 – 0.23	0.05	0.08 – 0.23	0.06	0.23 – 1.48	0.18	0.23 – 1.48	0.23	0.85 – 2.13	**9.3**	0.85 – 2.13	**4.2**	0.06 – 6.75	**8.4**	0.96 – 6.75	3.4	0.56 – 3.48	0.27	**0.8 (12) / 3**
Plomo Pb	9.8 – 56.7	11.3	9.8 – 56.7	20.4	12.7 – 43.8	27.3	12.7 – 43.8	34.9	12.9 – 65.4	**74.2**	12.9 – 65.4	**68.8**	45.8 – 98.5	**112.7**	45.8 – 98.5	74.1	32.6 – 56.3	19.7	**85 (530) / nv**
Manganeso Mn	67.2 – 93.4	**108.9**	67.2 – 93.4	**97.4**	96.5 – 142.7	111.8	96.5 – 142.7	138.4	99.5 – 160.7	**472.9**	99.5 – 160.7	**310.8**	122.4 – 185.2	**213.9**	**122.4 – 185.2**	169.7	90.3 – 118.4	103.4	**Nv (nv) / nv**
Zinc	28.3	34.8	28.3	**59.2**	6.9 –	**32.9**	6.9 –	**38.7**	22.1	**93.4**	22.1	**87.2**	54.2	124.9	54.2	**147.3**	18.9	**34.7**	**140 (720) /**

Zn	– 46.2		– 46.2		15.2		15.2		– 31.4		– 31.4		– 146.9		– 146.9		– 26.4		**300**
Niquel Ni	4.6 – 26.4	3.2	4.6 – 26.4	2.9	1.8 – 17.2	3.7	1.8 – 17.2	4.2	4.6 – 8.2	**15.2**	4.6 – 8.2	**12.8**	9.2 – 15.2	**29.7**	9.2 – 15.2	**24.3**	3.6 – 4.4	**7.2**	**35 (210) / 70**
Cromo Cr	138.3 – 172.4	110.9	138.3 – 172.4	142.7	72.3 – 236.4	136.5	72.3 – 236.4	162.9	211.4 – 341.3	**674.9**	211.4 – 341.3	**441.3**	156.0 – 189.2	**288.9**	156.0 – 189.2	175.9	34.6 – 62.9	42.3	**100 (380) / 600**
Cobre Cu	20.7 – 39.3	18.9	20.7 – 39.3	24.3	8.6 – 42.3	41.7	8.6 – 42.3	40.8	26.1 – 29.4	**97.4**	26.1 – 29.4	**72.3**	18.9 – 23.4	**146.9**	18.9 – 23.4	**108.3**	8.6 – 11.9	**15.3**	**36 (190) / 130**
Antimonio Sb	0.42 – 0.63	0.28	0.42 – 0.63	0.31	0.16 – 0.4	0.3	0.16 – 0.4	**0.46**	0.48 – 0.77	**1.72**	0.48 – 0.77	**1.94**	0.32 – 0.46	**1.10**	0.32 – 0.46	**1.04**	0.22 – 0.27	**0.27**	**Nv (nv) / nv**
Vanadio V	78.9 – 136.4	68.2	78.9 – 136.4	77.3	52.1 – 64.7	**113.9**	52.1 – 64.7	**104.7**	60.4 – 78.2	**168.9**	60.4 – 78.2	**157.4**	72.1 – 82.4	68.9	72.1 – 82.4	**103.2**	60.7 – 64.9	59.6	**Nv (nv) / nv**
Cobalto Co	18.9 – 27.2	8.7	18.9 – 27.2	14.2	11.2 – 15.1	**15.6**	11.2 – 15.1	**18.2**	24.6 – 34.9	**62.9**	24.6 – 34.9	17.9	24.6 – 37.2	32.4	24.6 – 37.2	27.6	20.6 – 25.2	18.4	**20 (240) / nv**
Selenio Se	0.07 – 0.13	0.05	0.07 – 0.13	0.07	0.14 – 0.18	0.12	0.14 – 0.18	0.13	0.12 – 0.32	0.29	0.12 – 0.32	0.18	0.13 – 0.18	0.16	0.13 – 0.18	0.13	0.07 – 0.14	0.09	**Nv (nv) / 3**

Resumen:

Aguas superficiales (2011) Canal Grande –

- Aumento en Manganeso (Mn), Niquel (Ni) y Vanadio (V) en todos los puntos, desde el embalse en el río Neuquén (comienzo Canal Grande) hasta el centro de General Roca;
- Aumento de Arsénico (As), Selenio (Se) y Zinc (Zn) en la mayoría de los puntos de muestreo;
- Un aumento significativo de ciertos elementos (Hg, As, Pb, Mn, Zn, V, Cr, V, Se y Co) que demuestran contaminación en la Planta de ex Indupa y los puntos de muestreo de Allen.
- Los factores elementales para el aumento de la contaminación a lo largo del Canal Grande son:
    1. Poco mantenimiento de la Planta de ex Indupa, con materiales de desecho tirados en el area, lixiviación (tanto particular como desde el agua) liberada desde el desagüe de la planta (al lado del estuario del principal afluente del Canal Grande);
    2. Aumento de la basura dentro del Canal Grande durante los meses de invierno (especialmente en las regiones de Cinco Saltos/Cipolletti y Allen); y
    3. aumento de la actividad humana durante los meses de invierno debido al desarrollo de las áreas residenciales (especialmente Allen).
- Los niveles elementales en el agua superficial (durante los meses invernales) en la Planta de ex Indupa y Allen sobrepasan los lineamientos de la Organización Mundial para la Salud sobre la calidad del agua apta para consumo (1996) en Hg, As, Cd, Pb, Mn, Ni, Cr, Sb, V y Se. Mientras estos niveles no son relevantes durante los meses de verano (cuando el canal tiene su afluente completo), durante los meses de invierno el acceso “social” al Canal, sobre todo por los niños, podría representar un riesgo;

- Algunos niveles elementales en la Planta de ex Indupa y Allen (en los peores casos) están cerca o por encima de los lineamientos sobre la calidad del agua para consumo de ganado, sugiriendo que se debería plantear un acceso restringido para los perros durante los meses de invierno;

- Es interesante resaltar cómo algunos niveles elementales que han aumentado (como As, Mn, Zn, V) en el río Neuquén (a la entrada del Canal Grande) hasta Cinco Saltos/Cipolletti son inesperado y se cree que los niveles del agua superficial (reflejando aquellos del agua residual o estancada) demuestran el asentamiento de las cenizas que se encuentran en la atmósfera, provenientes del volcán Puyehue. Esto se apoya en el hecho de que sólo el agua superficial, y no los sedimentos, en estos sitios de muestreo ha aumentado estos niveles, que se relacionan directamente con residuos volcánicos. Se debería realizar un seguimiento de la situación. (ver agregado debajo)

Sedimentos (2011) Canal Grande

- Un extensivo incremento en los niveles elementales de los sedimentos (Hg, As, Cd, Pb, Mn, Zn, Ni, Cu, Sb y V) que demuestran contaminación en la Planta de ex Indupa y Allen que va en aumento entre los estudios del 2006 y el 2011;

- Esto refleja la liberación y acumulación a largo plazo de químicos en el sedimento en estos sitios, especialmente durante los meses de invierno cuando no se puede dar el proceso de disolución (ya que no hay corriente de agua) dado el poco mantenimiento a lo largo del Canal (en aquellos sectores de desecho);

- Una de las mayores preocupaciones es Allen, que muestra un aumento considerable en la contaminación, sobre todo debido al desecho de basura en el Canal durante los meses de invierno. Estos desechos sobre todo metálicos (autos, camas, sillas, etc.) resultan en un aumento significativo de químicos que se asientan y generan un incremento en la acumulación de los sedimentos;

- Tareas de mantenimiento del Canal Grande que incluyan remoción de sedimentos en la zona de la Planta de ex Indupa y Allen para ser arrojadas en la barda, debería ser ilegal debido a que estos materiales contaminantes exceden los límites del

índice Holandés para suelo para Hg, Cd, Cr y posiblemente para Cu, Co – los cuales son extremadamente tóxicos para plantas y animales.

Professor Neil I. Ward ICP-MS Facility, University of Surrey UK) Enero 2012.

Arsénico y otros químicos liberados en cenizas debido a la erupción del volcán Puyehue (2011)

Geología y química del volcán

El volcán basáltico a riolítico Puyehue es el más geoquímicamente diverso en la región de los Andes. Las erupciones históricas atribuidas al Puyehue, incluyen erupciones importantes en 1921-22 y 1960 -conocida por producirse desde la zona de la grieta Cordón Caulle (Smithsonian /USGS). Lanzamientos de cenizas volcánicas han sido ampliamente informados por ser un contribuyente importante a la dispersión de muchos elementos químicos que, muchos años después aun influyen en las aguas superficiales y subterráneas. El arsénico, níquel, vanadio, cromo, cobre, zinc, plomo, antimonio, molibdeno y uranio han sido encontrados en niveles elevados en el medio ambiente como resultado de erupciones volcánicas y en los sistemas geotérmicos en Argentina (Gómez et al, 2002.; Kading y Varekamp, 2009; Smedley et al, 2002;. Varekamp et al, 2004, 2006, 2008, 2009). Farnfield et al., (2012) han informado recientemente de altos niveles de As, Fe, Mn, Cr, V y Zn en las aguas superficiales del río Agrio provenientes del lago del cráter del volcán Copahue. La última erupción del volcán Copahue fue en 2000.

Niveles de químicos reportados en publicaciones de ceniza volcánica proveniente de los Andes

Dos estudios han reportado niveles elementales en ceniza volcánica de erupciones previas a la del volcán Puyehue en 2011 (Gómez *et al*., 2002; Bundschuh *et al.,* 2004). El primero indica los niveles elementales en cenizas del volcán Copahue en el 2000 y el segundo son niveles encontrados en capas de suelo en Santiago del Estero.

Tabla 1: Niveles elementales en cenizas volcánica en Argentina (mg/kg).

Elemento	Gómez *et al*., 2002	Bundschuh *et al.,* 2004
As	3 - 6	6
V	130 - 140	21
Cr	30 - 60	-
Ni	30 - 40	nd
Cu	60 - 125	nd
Zn	80 - 90	39
Mo	-	3
Cd	0.5 – 0.75	-
Sb	0.5 - 1	1.8
Pb	5 - 20	27
U	2	20

nd; no detectado o debajo del nivel de detección

Análisis químico de las cenizas provenientes de la erupción del volcán Puyehue en Chile

Durante el mes de junio 2011 se tomaron cuatro muestras de cenizas volcánicas provenientes de la erupción del volcán Puyehue en el Cordón Caulle de Chile. Dos fueron recogidas en General Roca y dos en Bariloche (Río Negro). Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio ICP-MS del departamento de Química de la Universidad de Surrey, Reino Unido. El análisis químico

fue realizado a continuación de la digestión de las cenizas con ácido. Para el análisis se usó un ICP MS. Se realizó control de calidad con material de referencia certificado, (a saber, CRM NCS DC73371 para sedimentos de arroyos). El análisis replicado de CRM produjo un valor para el arsénico de 2.3 ± 0.2 mg/kg peso seco relativo a un valor certificado de 2.7 mg/kg.

La Tabla 2 provee los niveles elementales de las cenizas que fueron recolectadas en junio 2011 en Río Negro. El volcán Puyehue ha generado cenizas con niveles de vanadio, cromo, cobre y zinc significativamente más bajos que los reportados para el volcán Copahue. Los niveles elementales de la ceniza que alcanzó la ciudad de General Roca son similares a los de Bariloche con la excepción de hierro y manganeso que son más altos en la ubicación más próxima al volcán (Bariloche). Podría deberse a que el material basáltico (que contiene mayores niveles de hierro y manganeso) podría tener partículas de mayor tamaño y que por tanto no alcanza grandes distancias. La diferencia en la composición de las cenizas varía muy poco en los dos momentos en que se tomaron las muestras. La excepción se da en los niveles de la segunda muestra de General Roca donde se registra composición de zinc y plomo pero esto podría deberse a la contaminación con partículas de la zona pues los días previos al muestreo hubo mucho viento.

Tabla 2: Niveles elementales (mg/kg peso seco) de la cenizas del Puyehue-Cordón Caulle recolectada en dos zonas de Río Negro (Junio 2011).

	General Roca 15 Junio	**General Roca 23 Junio**	**Bariloche 8 Junio**	**Bariloche 15 Junio**
Vanadio	2.4	2.6	1.5	7.1
Cromo	0.9	1.7	0.5	1.2
Manganeso	41.6	40.6	67.5	65.7
Hierro	1769	1852	2558	2795
Cobalto	0.7	0.9	0.7	1.2
Niquel	0.4	0.5	0.2	0.5

Cobre	1.9	2.2	3.2	2.4
Zinc	14.6	103.0	13.4	13.4
Arsénico	1.5	1.4	1.8	1.5
Selenio	0.9	1.0	0.7	0.8
Molibdeno	1.9	3.8	2.1	1.7
Cadmio	0.5	0.7	0.6	0.6
Sb	1.1	4.8	0.7	0.6
Plomo	11.5	46.3	12.8	9.9
U	1.1	1.2	1.5	1.2

*muestra compuesta recolectada por muestreo aleatorio de áreas superficiales (se recolectaron en vidrio y plástico)

La Tabla 3 provee el rango y media de los niveles elementales reportados en la literatura para suelos superficiales no contaminados. La comparación con las cenizas de las cuatro muestras evidencia que ninguno de los elementos en las cenizas volcánicas generarían un incremento significativo por sobre los niveles de fondo de suelos superficiales. Sólo en regiones donde hubo importantes depósitos de cenizas (Bariloche, Villa La Angostura o Jacobacci) se puede esperar una suba en los niveles elementales de estos elementos en suelo. Sin embargo estas cenizas están disponibles para que sean “lavadas” hacia los cursos de agua luego de precipitaciones y por lo tanto posiblemente incrementando los niveles en la composición elemental de aguas superficiales

Re análisis del Canal Grande, Rio Negro Julio 2011

En julio 2011 se remuestrearon las aguas y sedimentos del Canal Grande desde el río Neuquén hasta la ciudad de General Roca. Los detalles de este estudio fueron reportados en otro documento.

El resumen de este estudio muestra

Aguas superficiales

- Incremento en Manganeso (Mn), Niquel (Ni) y Vanadio (V) en todos los puntos muestreados desde la represa del río Neuquén (nacimiento del Canal Grande) hasta el centro de General Roca
- Incremento de Arsénico (As), Selenio (Se) y Zinc (Zn) en casi todos los puntos;
- Importante incremento de (Mercurio Hg, Arsénico As, Plomo Pb, Manganeso Mn, Zinc Zn, Vanadio V, Cromo Cr, Selenio Se y Cobalto) en los puntos de muestro de la ex planta Indupa y Allen.

Sedimentos

- Importante incremento en niveles elementales en sedimentos (Hg, As, Cd, Pb, Mn, Zn, Ni, Cu, Sb and V) contaminación en los mismos dos puntos Planta de ex Indupa y Allen entre el muestreo del 2006 y 2011;
- Esto muestra la liberación en largo tiempo y acumulación de químicos en los sedimentos en estos puntos de muestreo especialmente en los meses de invierno cuando la dilución no es posible (debido a que no hay agua fluyendo), debido al pobre mantenimiento a lo largo del canal

La pregunta es si el depósito de cenizas durante junio 2011 puede ser la causa del incremento en estos niveles elementales en el Canal Grande

En cuanto a las aguas superficiales la respuesta es que probablemente haya habido efecto de las cenizas en los niveles medidos debido a que todos los elementos que se detectaron en las cenizas en General Roca han sido listados entre los que se han incrementado en las aguas del canal desde el primer muestreo en 2006. Más aun la muestra de ceniza del 23 de junio en Roca muestra niveles de plomo y zinc significativamente más altos y ambos elementos se encuentran en las aguas. Podría ser que en el río Neuquen (el punto de ingreso al Canal Grande) los niveles incrementados de As, Mn, Zn y V en las aguas superficiales (que son residuales debido a que no fluye agua en esta época en el canal) reflejen el asentamiento atmosférico de material volcánico. Apoyando esta versión vemos que sólo los niveles elementales de agua y no de sedimentos en estos puntos tiene incremento de los elementos asociados a la ceniza.

Mientras que otras fuentes de incremento de estos elementos están indicadas en el reporte, incluyendo:

1. Pobre mantenimiento de la Planta de ex Indupa con materiales de desperdicio arrojados en el sitio los que “lixivian” al canal
2. Incremento de la basura arrojada al Canal Grande durante los meses de invierno (especialmente en las zonas de Cinco Saltos/Cipolletti y Allen); e
3. Incremento de actividad humana en el Canal Grande durante los meses de invierno debido al incremento de áreas residenciales (especialmente Allen);

Durante los meses de junio y julio el canal deja de recibir las aguas del río Neuquen por lo que las aguas superficiales pueden ser aportadas por precipitaciones que hayan movilizado cenizas hacia el interior del canal.

La situación con los sedimentos es más difícil de evaluar debido a los niveles más altos de contaminantes elementales hallados en el 2011 respecto del 2006. El hecho de que el incremento más significativo de elementos (Hg, As, Cd, Pb, Mn, Zn, Ni, Cu, Sb y V) se produjo entre la planta de ex Indupa y Allen indicaría que el origen es industrial más que producto de las cenizas. Incluso, el corto tiempo desde la erupción del volcán (comienzos de junio) y el hecho de que ya no había circulación de agua de riego en el canal indica que no es factible pensar que grandes acumulaciones de ceniza hayan alcanzado los sedimentos incrementando en forma importante los niveles ya altos de contaminación en estos puntos de muestreo.

Tabla 3: Comparación de niveles elementales de ceniza volcánica y niveles para suelos no contaminados (mg/kg peso seco).

	Ceniza volcánica **Rango**	**Suelos no contaminados** **Rango (media)**
V	1.5 – 7.1	20 – 200 (80)
Cr	0.5 – 1.7	7 – 200 (50)

Mn	40.6 – 67.5	20 – 1550 (500)
Fe %	0.178 – 0.28	0.5 – 6.0 (2.2)
Co	0.7 – 1.2	0.5 – 50 (12)
Ni	0.2 – 0.5	1 – 70 (25)
Cu	1.9 – 3.2	3 – 70 (20)
Zn	13.4 – 103.0	13 – 145 (70)
As	1.4 – 1.8	0.1 – 25.0 (6.0)
Se	0.7 – 1.0	0.05 – 1.00 (0.40)
Mo	1.7 – 3.8	0.3 – 8.0 (1.5)
Cd	0.5 – 0.7	0.07 – 1.5 (0.25)
Sb	0.6 – 4.8	0.05 – 4.00 (0.90)
Pb	9.9 – 46.3	5 – 70 (20)
U	1.1 – 1.5	0.3 – 11.7 (2)

References:

http://volcanism.wordpress.com/2011/06/06/puyehue-cordon-caulle-update-6-june-2011/

http://en.wikipedia.org/wiki/2011_Puyehue-Cord%C3%B3n_Caulle_eruption

http://www.wired.com/wiredscience/2012/06/first-anniversary-of-the-puyehue-cordon-caulle-eruption/

http://www.buenosairesherald.com/article/72965/chile%C2%B4s-puyehue-volcano-eruption-equals-70-atomic-bombs

http://www.volcano.si.edu/reports/usgs/

Bundschuh J, Farias B, Martin R, Storniolo A, Bhattacharya P, Cortes J, et al. Groundwater arsenic in the Chaco–Pampean Plain, Argentina: case study from Robles county, Santiago del Estero Province. Appl Geochem 2004;19:231–43.

Hannah R. Farnfield, Andrea L. Marcilla and Neil I. Ward, Arsenic speciation and trace element analysis of the volcanic río Agrio and the geothermal waters of Copahue, Argentina, Sci Tot Environ 2012 (in press).

Gómez D, Smichowski P, Polla G, Ledesma A, Resnizky S, Rosa S. Fractionation of elements by particle size of ashes ejected from Copahue Volcano, Argentina. J Environ Monit 2002; 4: 972 – 977.

Kading T, Varekamp JC. Lake Caviahue (Argentina) as a source-sink for volcanic arsenic and phosphorus. Geo Soc Am Abst with Programs 2009; 41: 645.

Smedley PL, Nicolli HB, Macdonald DMJ, Barros AJ, Tullio JO. Hydrogeochemistry of arsenic and other inorganic constituents in groundwaters from La Pampa, Argentina. Appl Geochem 2002; 17: 259 – 284.

Varekamp JC, Ouimette AP, Kreulen R. The magmato-hydrothermal system at Copahue volcano, Argentina. In: Wanty RB, Seal II RR, editors. Proceedings of the 11th Water Rock Interaction Symposium. Leiden: Balkema Publishers; 2004. P. 215 – 218.

Varekamp JC, deMoor JM, Merril MD, Colvin AS, Goss AR, Vroon PZ, et al. The geochemistry and isotopic characteristics of the Caviahue Copahue Volcanic Complex, Province of Neuquén, Argentina. GSA Special Paper 2006; 407: 317 – 342.

Varekamp JC. The volcanic acidification of glacial Lake Caviahue, Province of Neuquen, Argentina. J Volcanol Geoth Res 2008; 178: 184 – 196.

Varekamp JC, Ouimette AP, Herman SW, Flynn KS, Bermudez A, Delpino D. Naturally acid waters from Copahue volcano, Argentina. App Geochem 2009; 24: 208 – 220.