

PDI

LABORATORIO DE
CRIMINALÍSTICA

INFORME PERICIAL MEDIOAMBIENTAL



N° 56 / 2016

A: BRIGADA INVESTIGADORA DE DELITOS CONTRA EL
MEDIO AMBIENTE Y PATRIMONIO CULTURAL VALDIVIA

REF: Oficio (O) N° 124 de fecha 01.MAR.016.

N.U.E. 4316409-4316410-4316411

SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE
X PUERTO MONTT

08 NOV 2016

OFICINA DE PARTES
RECIBIDO

SANTIAGO, 13.ABR.016.

A LA:
BRIGADA INVESTIGADORA DE DELITOS CONTRA EL MEDIOAMBIENTE Y
PATRIMONIO CULTURAL VALDIVIA.

Mediante Oficio (O) N° 124 de fecha 01.MAR.016, la Brigada Investigadora de Delitos Contra el Medio Ambiente y Patrimonio Cultural Valdivia, solicitó a la Sección Ecología y Medioambiente del LACRIM Central la concurrencia de Perito Ecólogo, con el fin de levantar muestras de agua y sedimento, con el fin de establecer si existe contaminación por parte de una empresa de lavado de redes salmoneras, hacia un estero sin nombre, en el sector Trapén, comuna de Puerto Montt. Lo anterior está relacionado por orden de Investigar incoada en RUC. N° 1501139355-9, por el delito de Otros Hechos, emanada de la Fiscalía Local de Puerto Montt.

I.- DESCRIPCIÓN.

Durante la jornada laboral del día 10.MAR.016, el Profesional Perito Químico Rodrigo ROMÁN GONZÁLEZ, de dotación de la Sección Ecología y Medioambiente del LACRIM Central, se constituyó en la zona aledaña a la empresa Redes & Nets el cual corresponde a Camino Monte verde Km 1, sector Trapén y sus alrededores, comuna de Puerto Montt, región de Los Lagos, con el objetivo de realizar una Inspección Ocular y de levantar muestras de agua y sedimentos del estero sin nombre.

En el curso de agua superficial del estero sin nombre no fue posible el levantamiento de muestras de agua debido a que este estero se encontraba con un flujo casi nulo y en otras zonas sin flujo de agua, por lo cual se procedió solamente a realizar levantamiento de muestras de sedimentos. Para tal efecto, se identificaron tres (03) puntos de muestreo en el

estero sin nombre en donde se levantaron muestras de sedimentos. El procedimiento policial estuvo a cargo del Subcomisario Héctor VALDEBENITO AGUIRRE de dotación BIDEVA Valdivia.

El objetivo de este Peritaje es determinar si existe contaminación por parte de la empresa Redes & Nets en el curso de agua superficial estudiado.

II.- OPERACIONES PRACTICADAS Y RESULTADOS.

1. Identificación y Georeferenciación de los puntos muestreados.

La obtención de los puntos de muestreo fue realizada por el Profesional que suscribe, mediante el uso de un equipo marca GARMIN modelo GPSMAP 64S, en coordenadas UTM referenciadas en Datum WGS 84 (Tabla N° 1 y Figura 1).

Tabla N° 1: Georreferenciación de los puntos muestreados.

PUNTOS	NOMBRE	COORDENADAS UTM
S1 Control	Aguas arriba estero Sin Nombre.	18G E 0656571 N 5401164
S2	Esteros sin nombre frente a la empresa Redes & Nets.	18G E 0656613 N 5401067
S3	Aguas abajo punto de descarga estero sin nombre.	18G E 0656663 N 5400931

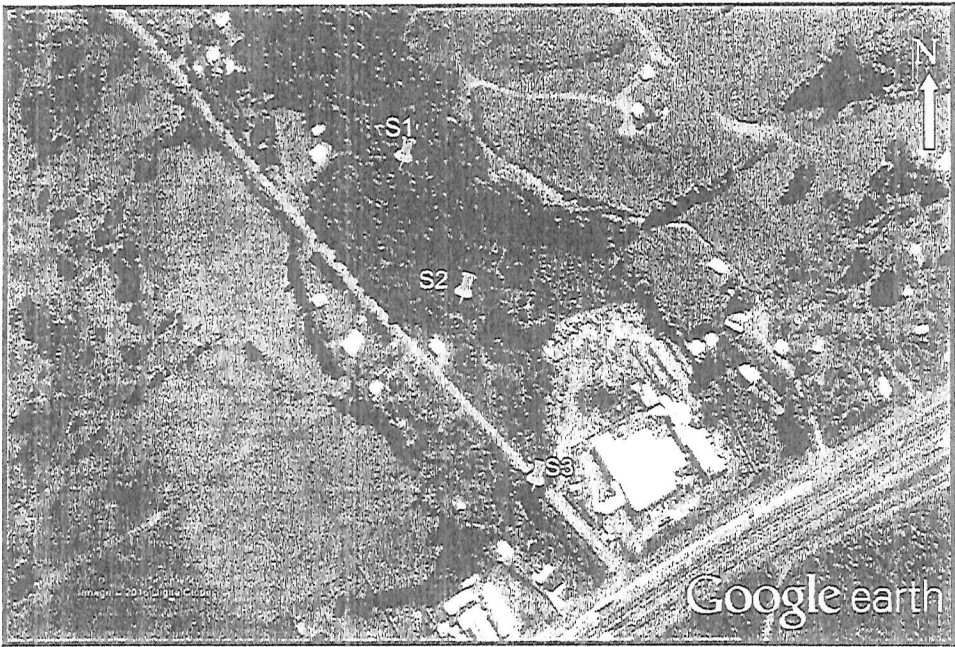


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.

2. Descripción de los puntos de muestreo.

S1 Control: Este punto de muestreo corresponde al estero sin nombre, aguas arriba de la empresa Redes & Nets, el cual se escogió dado a que en este lugar, las aguas del estero no serían afectadas por las descargas de la empresa, por lo que fue considerado como control.

Al momento de la Inspección Ocular, se observó que no había flujo de agua por lo cual solo se observó pozas de agua en algunas zonas. El lecho del cauce presentaba una erosión baja y una orilla natural, el sustrato estaba compuesto por sedimentos finos, arena y bolones. El estero se observó dentro de un entorno de bosques y pastizales (Figura 2)

En terreno, se levantó una muestra compuesta de sedimentos de 500 gramos aproximadamente, desde la ribera del estero, esta muestra se observó saturada de humedad y sin olor.

Las condiciones atmosféricas al momento del muestreo, eran de un día soleado y sin viento.

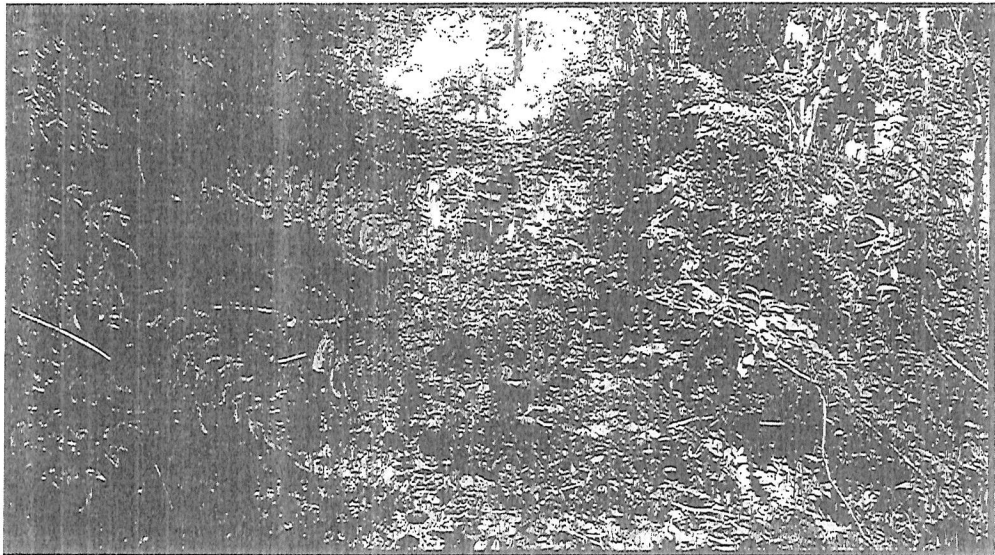


Figura 2: Vista general del punto de muestreo S1.

S2: Este punto de muestreo corresponde al estero sin nombre cercano a la zona posterior de la empresa Redes & Nets donde se realiza el lavado e impregnación de las redes, que se utilizan en el cultivo de salmones, el cual se sitúa aproximadamente a 106 metros de distancia aguas

abajo del punto S1. Este punto de muestreo presenta interés criminalístico, debido a que en este lugar posiblemente estarían siendo afectadas las aguas del estero por las descargas de la empresa.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, se observó que el estero en esta zona cruzaba por un gualve o zona pantanosa, la dirección del flujo del estero era de Norte-Sur, el estero en este punto, presentó un sustrato que estaba compuesto por sedimentos finos; observándose sin alteraciones y sin erosión. El estero se encontraba dentro de un entorno de bosques y pastizales, en una zona de uso residencial. (Figura 3)

En terreno, se levantó una muestra compuesta de sedimentos de 500 gramos aproximadamente, desde la ribera, la que se observó saturada de humedad y sin olor.

Las condiciones atmosféricas al momento del muestreo, eran de un día soleado y sin viento.

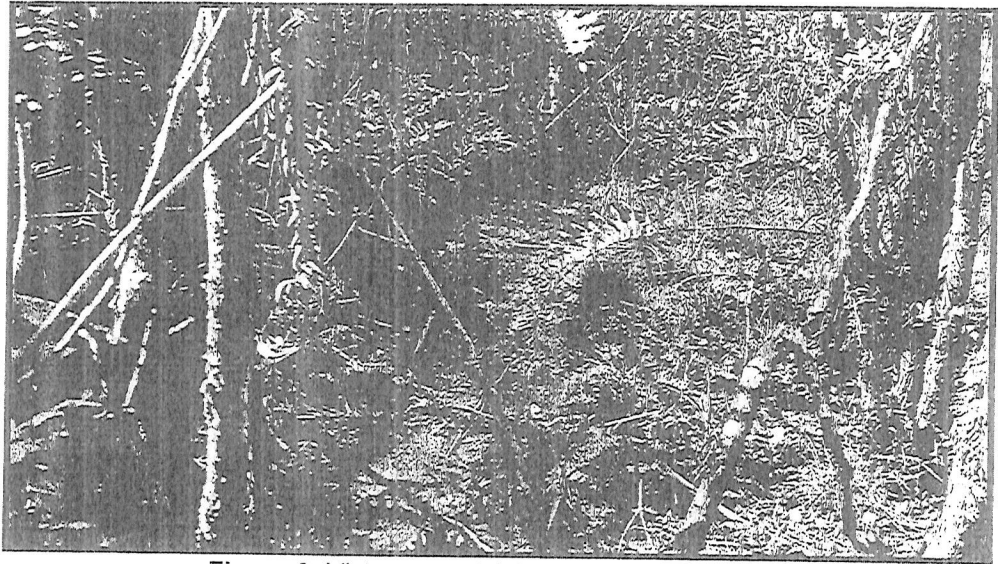


Figura 3: Vista general del punto de muestreo S2.

S3: Este punto de muestreo corresponde al estero sin nombre, aguas abajo del punto de descarga de la empresa Redes & Nets, el cual se sitúa aproximadamente a 1145 metros de distancia aguas abajo del punto S2. Este punto de muestreo presenta interés criminalístico, debido a que en este lugar estarían siendo afectadas las aguas y sedimentos del estero por las descargas de la empresa.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, se observó que el estero en esta zona cruzaba un puente vecinal, el cual se observó con un caudal mínimo y velocidad de flujo lento, con una dirección de Norte-Sur, el lecho del cauce presentaba una erosión media y una orilla alterada, el sustrato estaba compuesto por sedimentos finos y arena. El estero se observó dentro de un entorno de pastizales en una zona de uso residencial e industrial. (Figura 4)

En terreno, se levantó una muestra compuesta de sedimentos de 500 gramos aproximadamente, desde la ribera, la que se observó saturada de humedad y sin olor.

Las condiciones atmosféricas al momento del muestreo, eran de un día soleado y sin viento.

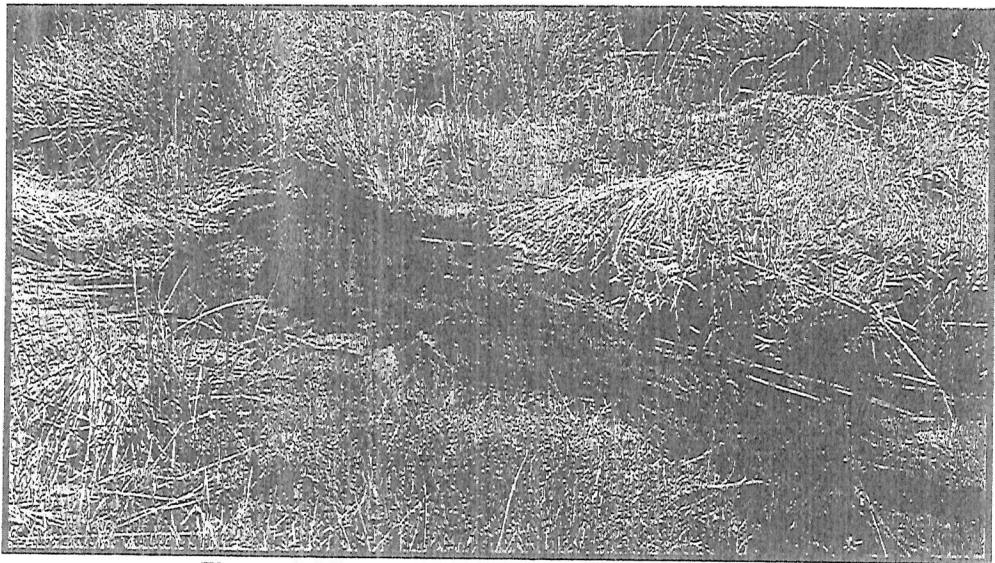


Figura 4: Vista general del punto de muestreo S3.

3. Toma de muestra y transporte.

Se identificaron en total tres (03) puntos de muestreo para muestras sólidas, las cuales fueron levantadas desde el estero sin nombre.

Las muestras de sedimentos fueron levantadas mediante el uso de una pala, según metodología 2.2 y 2.3 de la EPA-

600/4-84-076, hasta alcanzar una muestra de aproximadamente 0,5 kg, contenida en una bolsa plástica.

Una vez obtenidas las muestras, se procedió a levantar la cadena de custodia, siendo dispuestas en una nevera y transportadas vía aérea hasta el Laboratorio de Criminalística Central. Estas muestras fueron ingresadas a la Sección Custodia Transitoria de Evidencias el día 14.MAR.016, siendo registradas con el N° 1630/16 (Tabla N°2).

Se señala que estas muestras sólo representarán la calidad del sedimento en el momento y lugar desde donde fueron extraídas y no necesariamente representan condiciones de otro momento.

Tabla N° 2: Muestras tomadas en los puntos inspeccionados.

Punto de muestreo	Día y hora de muestreo	Evidencias	NUE
S1 Control	10.MAR.016 15:00	Bolsa plástica transparente que contiene sedimento con 500 grs aprox.	4316409
S2	10.MAR.016 14:30	Bolsa plástica transparente que contiene sedimento con 500 grs aprox.	4316410
S3	10.MAR.016 15:40	Bolsa plástica transparente que contiene sedimento con 500 grs aprox.	4316411

4. Resultados de las Pericias realizadas a las muestras sólidas por la Sección de Ecología y Medioambiente.

El día 14.MAR.016, durante la jornada laboral, el Profesional Perito Rodrigo ROMÁN GONZÁLEZ procedió a extraer porciones de muestras de sedimento para ser secadas a 40°C hasta obtener un peso constante, de acuerdo al Instructivo LCC-EC-I-016-2.

Una vez finalizado el secado de la muestra, el día 18.MAR.016 el Profesional Perito que suscribe, procedió a realizar análisis de la composición química elemental de las muestras, previo tamizado por 2mm de poro, a través del análisis XRF "Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X", para lo cual se utilizó el instrumento Innov-X Systems, modelo Delta Premium. Dicha metodología se describe en la norma EPA 6200 "Método de análisis para la determinación de concentración de elementos en suelo y sedimentos".

Cada muestra fue medida siete (07) veces para obtener un valor promedio de cada una de las muestras de sedimento. La

Tabla N°3 presenta el promedio de la concentración de elementos para cada punto de muestreo.

Tabla N°3: Resultados de los análisis de las muestras efectuados por la Sección Ecología y Medioambiente.

Parámetro	Puntos de muestreo (mg/kg peso seco)		
	Estero Sin Nombre		
	S1 Control	S2	S3
Potasio (K)	1271,3	663,0	1436,0
Calcio (Ca)	7793,7	3178,2	9143,8
Torio (Th)	23,7	n.d.	n.d.
Plomo (Pb)	4,3	5,3	5,0
Mercurio (Hg)	n.d.	n.d.	n.d.
Antimonio (Sb)	n.d.	30,5	n.d.
Estaño (Sn)	n.d.	n.d.	n.d.
Cadmio (Cd)	n.d.	n.d.	n.d.
Plata (Ag)	n.d.	n.d.	n.d.
Molibdeno (Mo)	n.d.	n.d.	n.d.
Zirconio (Zr)	138,3	115,1	180,4
Estroncio (Sr)	162,2	72,1	197,4
Rubidio (Rb)	22,9	17,3	25,6
Selenio (Se)	n.d.	n.d.	n.d.
Arsénico (As)	4,0	3,1	4,4
Zinc (Zn)	56,0	51,4	48,8
Cobre (Cu)	17,1	30,7	107,5
Níquel (Ni)	8,2	n.d.	22,2
Cobalto (Co)	n.d.	n.d.	n.d.
Hierro (Fe)	37156,1	31977,2	47732,1
Manganeso (Mn)	520,8	643,2	622,1
Cromo (Cr)	56,7	47,1	75,8
Vanadio (V)	79,9	68,3	83,3
Titanio (Ti)	3838,2	3464,7	3700,5

mg/kg: miligramos por kilogramos.
n.d: No detectado.

Cada muestra representa la calidad del sedimento sólo en el momento y lugar desde donde fueron extraídas, y no necesariamente representan condiciones de otro momento.

5. Análisis Estadístico de la comparación entre los sedimentos muestreados.

Se realizó un análisis estadístico para realizar una comparación entre las muestras obtenidas del estero sin nombre (S1,

S2 y S3) para establecer alguna influencia de la empresa Redes & Nets sobre los sedimentos, mediante una prueba de Varianzas (ANOVA) para cada uno de los metales encontrados. Para tal efecto se utilizó el Programa Estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI. Los resultados se presentan en la Tabla N°4. Se señala que la prueba de ANOVA descompone la varianza del analito en dos componentes, uno intra-grupo y otro entre grupos. El cuociente entre ambos es la Razón F, cuyo valor P indica la significancia del resultado de la Prueba F.

Tabla N°4: Resultados estadísticos de las pruebas estadísticas realizadas a las muestras analizadas por XRF.

Elemento	Razón F	Valor P	Resultado de la prueba
Potasio	143,81	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Calcio	1114,20	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Plomo	1,09	> 0,05	No existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Zirconio	16,46	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Estroncio	1547,65	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Rubidio	71,70	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Arsénico	4,07	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Zinc	6,80	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Cobre	1577,05	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Níquel	55,02	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Hierro	117,37	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Manganeso	27,92	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Cromo	35,60	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Vanadio	21,49	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras
Titanio	8,10	< 0,01	Existe diferencia significativa entre las medias de las muestras

Según los resultados de las pruebas ANOVA expuestos en la Tabla N°4, para cada uno de los metales analizados en las muestras de sedimentos, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las muestras, en 14 de los 15 ensayos (93,3%), con un nivel de confianza del 95%. Esto indica que las muestras de sedimentos extraídas desde el estero presentan diferencias en su composición química elemental, presentando similitud solamente para el elemento plomo, en los tres puntos de muestreo.

Para representar de mejor manera la diferencia entre los elementos encontrados en el análisis estadístico anterior, entre el punto S1 control y el punto aguas abajo S3 donde estaría siendo influenciado por parte de la empresa Redes & Nets, se procedió a realizar una diferencia porcentual entre las concentraciones para todos los elementos encontrados el cual se presenta en la Tabla N° 6.

Tabla N°6: Resultados porcentuales entre las muestras analizadas por XRF.

Elemento	S1	S3	Diferencia %
K	1271,29	1436,00	12,96
Ca	7793,71	9143,86	17,32
Th	23,75	0,00	0,00
Pb	4,31	5,06	17,41
Sb	0,00	0,00	0,00
Zr	138,29	180,43	30,48
Sr	162,29	197,43	21,65
Rb	22,94	25,61	11,65
As	4,01	4,40	9,61
Zn	56,00	48,86	-12,76
Cu	17,14	107,57	527,50
Ni	8,25	22,17	168,69
Fe	37156,14	47732,14	28,46
Mn	520,86	622,14	19,45
Cr	55,71	75,86	36,15
V	79,93	83,36	4,29
Ti	3838,29	3700,57	-3,59

Es posible indicar que en los sedimentos muestreados se evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas para los elementos entre ellos, permitiendo inferir un enriquecimiento particular en S3, para el caso del potasio, calcio, plomo, zirconio, estroncio, rubidio, arsénico, hierro, manganeso, cromo y vanadio del orden de un 19% más en comparación con las concentraciones del punto control S1. Este efecto se puede deber a que el punto S3 se encuentra en un terreno plano, posterior al punto control S1, el cual se encuentra en pendiente hasta llegar a S3, posteriormente el estero presenta una leve pendiente positiva pasado el punto S3, dándose un efecto de acumulación o apozamiento de los elementos en esta zona del estero sin nombre.

Para el caso de zinc y titanio se evidenció una disminución de un 12,76 y 3,59 % respectivamente, para el cobre se observó un aumento del 527,5 % y para el níquel un 168,69 % con respecto al punto control, pudiendo ser atribuibles de forma directa por influencia de la empresa

Redes & Nets, debido a que estos dos últimos elementos en el punto S3, presentaron un aumento significativo en comparación con los restantes elementos. Es importante destacar que las redes utilizadas para cultivo de salmones son impregnadas con pinturas antifouling para evitar las incrustaciones, las que en su composición contienen óxido cuproso para cumplir con su propósito.

6. Estudio comparativo de sedimentos de agua dulce respecto a la guía Canadiense para la protección de vida acuática (ISQG).

Se realizó un estudio comparativo de los resultados de los análisis de metales obtenidos de la ribera del estero sin nombre, con el objetivo de establecer la influencia del algún contaminante proveniente de la empresa Redes & Nets.

En Chile no existen normativas que señalen la calidad y el uso de los suelos respecto a la concentración de elementos existentes, sin embargo, en el caso de que no exista normativa nacional, de acuerdo a lo indicado en el artículo N° 11 de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente N° 19.300, se utilizarán como referencia las normativas vigentes en los estados que señale el Decreto Supremo N° 40 de 2012, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, correspondiente al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Este Reglamento en su artículo N° 7, señala que las normas de calidad ambiental y de emisión que se utilizarán como referencia para los efectos de evaluar si se genera o presenta el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), ambas del artículo 11 de la Ley, serán aquellas vigentes en los siguientes Estados: República Federal de Alemania, República Argentina, Australia, República Federativa del Brasil, Confederación de Canadá, Reino de España, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de Norteamérica, Nueva Zelandia, Reino de los Países Bajos, República de Italia, Japón, Reino de Suecia y Confederación Suiza. Para la utilización de las normas de referencia, se priorizará aquel Estado que posea similitud, en sus componentes ambientales, con la situación nacional y/o local.

De acuerdo a lo anterior, se utilizó referencialmente la Guía Canadiense de Calidad de los Sedimentos para la protección de la Vida Acuática de agua dulce en cuya Tabla N° 1 establece los límites de las concentraciones de metales en sedimentos (ISQG). Esta Guía

aporta información relacionada a la incidencia de efectos biológicos adversos en función de las concentraciones de los contaminantes. De esta forma la columna PEL (Probable effect levels = Niveles de Efecto Probable) indica que a las concentraciones referidas existe un porcentaje de incidencia de efectos biológicos importante (Tabla N° 7).

Tabla N° 7. Comparación de los resultados obtenidos en el estero con la norma canadiense de calidad de sedimento para la protección de la vida acuática.

Elemento	Esteros Sin Nombre			Límite norma canadiense Sedimentos	
	S1 Control	S2	S3	ISQG	PEL
Potasio (K)	1271,3	663,0	1436,0	n.a.	n.a.
Calcio (Ca)	7793,7	3178,2	9143,8	n.a.	n.a.
Torio (Th)	23,7	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.
Plomo (Pb)	4,3	5,3	5,0	35,0	91,3
Mercurio (Hg)	n.d.	n.d.	n.d.	0,17	0,486
Antimonio (Sb)	n.d.	30,5	n.d.	n.a.	n.a.
Estaño (Sn)	n.d.	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.
Cadmio (Cd)	n.d.	n.d.	n.d.	0,6	3,6
Plata (Ag)	n.d.	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.
Molibdeno (Mo)	n.d.	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.
Zirconio (Zr)	138,3	115,1	180,4	n.a.	n.a.
Estroncio (Sr)	162,2	72,1	197,4	n.a.	n.a.
Rubidio (Rb)	22,9	17,3	25,6	n.a.	n.a.
Selenio (Se)	n.d.	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.
Arsénico (As)	4,0	3,1	4,4	5,9	17,0
Zinc (Zn)	56,0	51,4	48,8	123	315
Cobre (Cu)	17,1	30,7	107,5 ¹	35,7	197
Níquel (Ni)	8,2	n.d.	22,2	n.a.	n.a.
Cobalto (Co)	n.d.	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.
Hierro (Fe)	37156,1	31977,2	47732,1	n.a.	n.a.
Manganeso (Mn)	520,8	643,2	622,1	n.a.	n.a.
Cromo (Cr)	55,7 ¹	47,1 ¹	75,8 ¹	37,3	90,0
Vanadio (V)	79,9	68,3	83,3	n.a.	n.a.
Titanio (Ti)	3838,2	3464,7	3700,5	n.a.	n.a.

1.- ISQG: Interim Sediment Quality Guidelines (por debajo de los cuales no se esperan efectos biológicos adversos).

2.- PEL: Probable Effect Level (sobre los cuales los efectos biológicos adversos se encuentran con frecuencia).

n.a: No aplica la normativa.

Para el elemento cobre el punto de muestreo S3 presentó una concentración de este elemento que se clasifica sobre el nivel ISQG, en el cual existe un 38% de incidencia de efectos biológicos adversos en este punto de muestreo.

El cromo se observó para todos sus puntos de muestreo (S1, S2 y S3) sobre el límite para el ISQG, por lo que existe un 19% de incidencia de efectos biológicos adversos en todos los puntos de muestreo analizados.

Para los parámetros restantes los sedimentos recolectados, presentaron concentraciones que se clasifican bajo el nivel (ISQG) en el cual no se esperan efectos biológicos adversos.

III.- CONCLUSIONES.

1. En los sedimentos muestreados se evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas para los elementos, permitiendo inferir un enriquecimiento particular en S3, para el caso del potasio, calcio, plomo, zirconio, estroncio, rubidio, arsénico, hierro, manganeso, cromo y vanadio del orden de un 19% más al ser comparado con las concentraciones del punto control S1.

2. Para el cobre el punto S3 presentó un aumento del 527,5 % y para níquel un 168,69 % con respecto al punto control S1, pudiendo ser atribuibles de forma directa a la empresa Redes & Nets, pues para el caso del cobre, este forma parte de la composición química de las pinturas antifouling, que se utilizan en la impregnación de redes salmoneras.

Guía Canadiense.

Según la guía canadiense de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática, se observó lo siguiente:

3. Para el elemento cobre el punto de muestreo S3 presentó una concentración que se clasifica sobre el nivel ISQG en el cual hay un 38% de incidencia de efectos biológicos adversos en este punto de muestreo.

4. El cromo se observó para todos sus puntos de muestreo (S1, S2 y S3) sobre el límite para el ISQG, por lo que existe un 19% de incidencia de efectos biológicos adversos en todos los puntos de muestreo analizados.

5. Dados los antecedentes expuestos en el presente informe pericial, se puede inferir que existe una contaminación de origen antropogenico por parte de la empresa Redes & Nets, para los elementos cobre y níquel, en los sedimentos de la ribera del estero sin nombre.

6. Cada muestra representa la calidad del sedimento sólo en el momento y lugar desde donde fueron extraídas, y no necesariamente representan condiciones de otro momento.

Saluda atte. a US.



LUIS ALVAREZ HENRÍQUEZ
Profesional Perito en Ecología
Sección Ecología y Medio Ambiente.

RODRIGO ROMÁN GONZÁLEZ
Profesional Perito Químico
Sección Ecología y Medio Ambiente.

RRG/rrg

Distribución:

- BIDEA Vdv (1)

- Arch. Lacrim (1)

L: 2186 / 2338

E: 44 / 53

Reg. Custodia: 1630/16

RV: KMC- LAH- YKF

Laboratorio de Criminalística Central, Sección Ecología y Medioambiente, Carlos Silva Vildósola 9783, La Reina.