

# PDI

POLICÍA DE INVESTIGACIONES  
DE CHILE



## INFORME PERICIAL MEDIOAMBIENTAL

N° 153/2012 /

A: FISCALÍA LOCAL DE LOS VILOS

---



SANTIAGO, 21.AGO.012.

A LA:  
FISCALÍA LOCAL DE LOS VILOS.

Mediante Oficio N° 373 de fecha 18.MAY.012, la Brigada Investigadora de Delitos Contra el Medio Ambiente y Patrimonio Cultural Metropolitana, solicitó a la Sección Ecología y Medioambiente del Lacrim Central efectuar peritajes atingentes a la especialidad en la localidad de Caimanes, ubicado en la comuna de Los Vilos, IV Región, durante el día 24 de Mayo del presente año.

Lo anterior dice relación con investigación incoada en Causa R.U.C. N°0800824078- 8 de la Fiscalía Local de Los Vilos.

#### I.- DESCRIPCIÓN

Con fecha 24 de Mayo del 2012, los Profesionales Alejandro **CORTÉS LÓPEZ** y Karla **MUÑOZ CONCHA** de la Sección de Ecología y Medioambiente, se constituyeron en la localidad de Caimanes, IV Región, con la finalidad de efectuar una Inspección Ocular y tomar muestras de agua y sedimentos en el estero Pupío y alrededores del poblado de Caimanes, para evaluar este sistema agua- suelo. El procedimiento policial fue efectuado por el Subcomisario Gonzalo **ALJARO LAPOLLA** de dotación de la BIDEMA Metropolitana.

#### II.- OPERACIONES PRACTICADAS Y RESULTADOS

##### 1. Identificación de los puntos de muestreo.

Se concurrió al poblado de Caimanes, lugar donde se identificó al estero Pupío, el pozo de la minera Fraga y una vivienda particular. Se indica que las aguas del estero son utilizadas, eventualmente para el regadío de plantaciones y como bebida para animales y personas.

## 2. Georeferenciación de los puntos muestreados.

La determinación de los puntos de muestreo fue realizada por la Profesional Karla **MUÑOZ CONCHA**, mediante el uso de un equipo GPS marca Garmin, modelo 62 S, obteniendo coordenadas geográficas referenciadas en Datum Horizontal WGS 84 (Tabla N°1, Figura 1 y Figura 2).

**Tabla N°1.** Puntos de muestreo.

PUNTO	NOMBRE	COORDENADAS UTM
P1	Estación DGA. Estero Pupío.	19J E 303891 N 6463311
P2	Puente Pelambres. Estación DGA 2. Estero Pupío.	19J E 305062 N 6463373
P3	Apozamiento agua costado estero Pupío. Estación DGA 2.	19J E 305038 N 6463367
P4	Pozo minera Fraga.	19J E 298649 N 6463793
P5	Casa particular, ubicada en Diego de Almagro N°49, Caimanes, comuna Los Vilos.	-----



**Figura 1:** Vista general de los puntos de muestreo ubicados en la localidad de Caimanes, comuna de Los Vilos. Fuente: Google Earth, 2012.

## 3. Descripción de los puntos de muestreo.

**P1:** Este punto de muestreo se ubica en el estero Pupío, en la estación DGA (Figura 2). Sus aguas serían utilizadas, eventualmente para regadío, bebida de animales y personas.

Dicho estero nace del embalse de Cola, ubicado en el Fundo El Mauro, donde se ubica el tranque de la minera Los Pelambres. Este embalse contiene las aguas lluvias y eventualmente, sería utilizado para separar el agua fresca con la proveniente de dicha minera.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el estero Pupío presentaba una dirección del flujo de Norte a Sur, con una velocidad del cauce lenta y con escaso caudal. Presentó un sustrato del lecho conformado por arena y sedimentos finos, con una erosión baja y orilla natural. Se ubicada dentro de un entorno de bosques y pastizales. El aspecto del agua era transparente, sin olor y con presencia moderada de vegetación acuática. Así mismo, se observaron alevines de pejerrey chileno (*Basilichthys sp.*). También se observaron aves, identificadas como Tenca (*Mimus thenca*).



**Figura 2:** Vista general del punto de muestreo P1.

En terreno, se colectaron dos muestras de agua del estero, no se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición o materia fecal. No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural. Además se midieron *in situ* concentración de metales presentes en la superficie del suelo.

**P2:** Este punto de muestreo se ubica en donde está el puente Pelambres de la estación DGA 2, en el estero Pupío (Figura 3). Sus aguas serían utilizadas, eventualmente para riego y para bebida de animales y personas.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el estero Pupío presentaba una dirección del flujo de Norte a Sur, con

una velocidad del cauce lenta. Presentó un sustrato del lecho conformado por roca y arena, con una erosión baja y orilla natural. Se ubicada dentro de un entorno de bosques y pastizales. El aspecto del agua era transparente, sin olor y con presencia moderada de vegetación acuática.

En terreno, se colectaron dos muestras de agua del estero y no se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición o materia fecal. No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural. Además se midieron *in situ* concentración de metales presentes en la superficie del suelo.

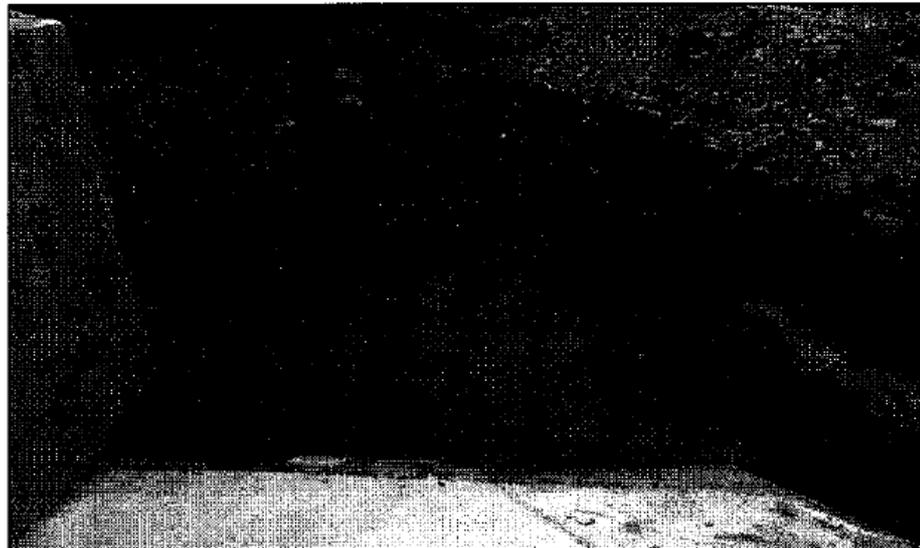


**Figura 3:** Vista general del punto de muestreo P2.

**P3:** Este punto de muestreo se ubica colindante al puente Pelambres de la estación DGA 2, en el estero Pupío. Corresponde a un apozamiento de agua ubicado a un costado del estero (Figura 4).

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el apozamiento no presentó escurrimiento y podría tratarse de un posible afloramiento de napa o de vertiente. Presentó un sustrato del lecho conformado por roca y arena, con una erosión baja, orilla natural y dragada. Se ubicada dentro de un entorno de bosques y pastizales.

El aspecto del agua era turbia, con presencia de aceites, sin olor y con abundante vegetación acuática. En terreno, se colectaron dos muestras de agua del apozamiento y no se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición o materia fecal.

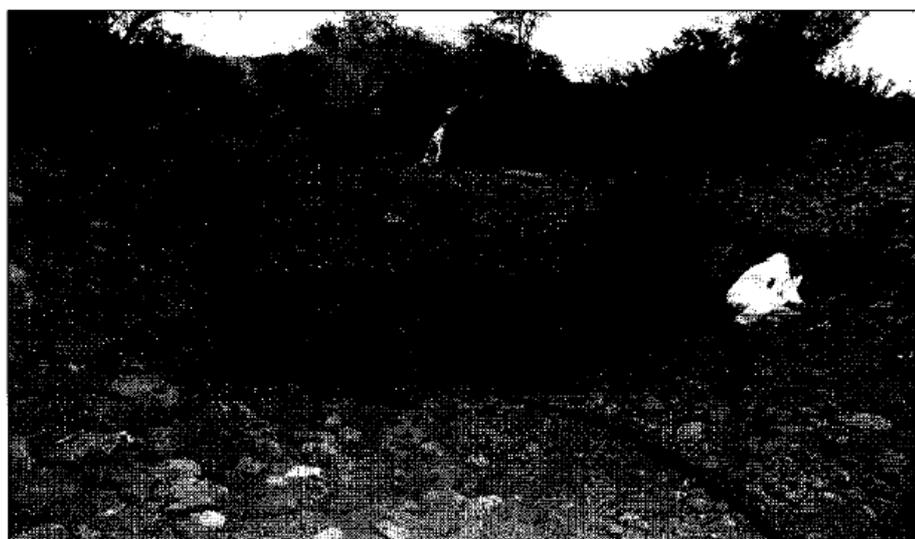


**Figura 4:** Vista general del punto de muestreo P3.

**P4:** Este punto de muestreo corresponde a un apozamiento de agua ubicado en el pozo de la minera Fraga (Figura 5).

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el apozamiento no presentó escurrimiento, presentando un lecho conformado por roca y arena, con una erosión moderada y orilla dragada. Se ubicada dentro de un entorno de bosques y pastizales. El aspecto del agua era turbia, con una coloración verdosa, con presencia de aceites, sin olor y con abundante vegetación acuática. En terreno, se colectaron dos muestras de agua del apozamiento y no se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición o materia fecal.

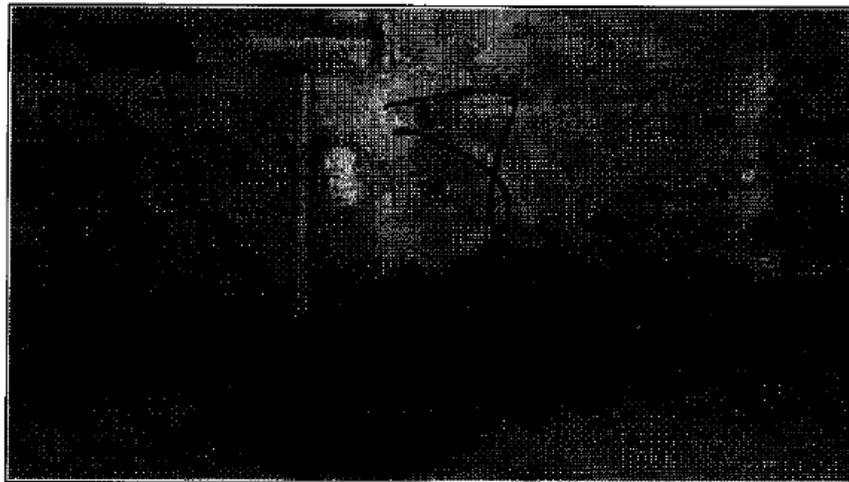
No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural. Además se midieron *in situ* concentración de metales presentes en la superficie del suelo.



**Figura 5:** Vista general del punto de muestreo P4.

**P5:** Este punto de muestreo corresponde a una llave de agua potable de una vivienda particular, ubicada en la calle Diego de Almagro N°49, localidad de Caimanes, comuna de Los Vilos (Figura 6).

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el aspecto del agua era transparente y sin olor. En terreno, se colectaron dos muestras de agua de la llave y se midieron *in situ* la concentración de metales presentes en la superficie del suelo del patio de dicha casa.



**Figura 6:** Vista general del punto de muestreo P5.

#### **4. Toma de muestra de agua.**

En todos los puntos de muestreo se tomaron dos muestras puntuales de agua, de aproximadamente un litro. A una de las muestras colectadas se agregó 1,0 ml de ácido nítrico concentrado para alcanzar un pH menor a 2,0. Las muestras fueron obtenidas de acuerdo a lo indicado en la Norma Chilena NCh 411/11 Of.98 Calidad del agua- Muestreo- Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.

Una vez obtenidas las muestras, se procedió a levantar la cadena de custodia, siendo éstas dispuestas en una nevera y transportadas vía terrestre a Santiago de acuerdo a los estándares indicados en la Norma Chilena 411/3.Of96 Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.

El día 31.MAY.012 se procedió a realizar el ingreso de las evidencias en la Sección Custodia Transitoria de Evidencias, siendo registradas con el N° 3037/12 (Tabla N°2).

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

Evidencias	Punto de muestreo	Día y hora de muestreo	NUE
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P1	24.MAY.012 15:00	838663
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P2	24.MAY.012 15:40	838664
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P3	24.MAY.012 16:05	838665
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P4	24.MAY.012 17:25	838666
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P5	24.MAY.012 17:55	838667

Mediante Minuta (O) N° 107 de fecha 31.MAY.012, la Sección Ecología y Medioambiente solicitó a la Sección Química y Física del Laboratorio de Criminalística Central, determinar la presencia de cationes y aniones a las muestras de agua del estero Pupío y de la red de agua potable.

#### 5. Registro de Parámetros físico – químicos.

En los puntos de muestreo, sólo fue posible medir *in situ* los sólidos disueltos, los cuales fueron registrados mediante el uso de un equipo Oakton TDS6 que entrega resultados instantáneos (Tabla N°3).

**Tabla N° 3: Sólidos disueltos registrados *in situ* en los puntos de muestreo.**

Parámetro	Método	Unidad	Puntos de muestreo				
			P1	P2	P3	P4	P5
Sólidos disueltos	Oakton	mg/L	242	206	260	287	298

mg/L: miligramos por litro.

#### 6. Registro *in situ* de metales del suelo.

En terreno, se procedió a realizar la medición *in situ* de metales mediante la técnica denominada "Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X", correspondiente al método

analítico EPA 6200 "Método de análisis para la determinación de concentración de elementos en suelo". Además, se identificó un punto control para el suelo. La Tabla N°4 muestra el promedio de metales detectados en cada punto de estudio.

**Tabla N°4:** Resultados de las mediciones *in situ* de metales a los puntos de muestreo.

Elemento	Puntos de muestreo. Concentración (mg/kg)					
	P1	Control suelo Estero	P2	P3	P4	P5
Fósforo (P)	4.678	1.982	1.537	ND	2.640	3.210
Azufre (S)	9.804	ND	1.393	1.169	2.085	2.076
Cloro (Cl)	579	ND	ND	ND	ND	276
Potasio (K)	19.803	20.483	14.220	14.976	17.102	12.851
Calcio (Ca)	50.644	37.664	44.675	35.415	39.940	140.789
Titanio (Ti)	3.228	5.791	4.165	5.625	5.340	2.284
Vanadio (V)	63	121	87	101	126	76
Cromo (Cr)	4	13	ND	ND	6	4
Manganeso (Mn)	744	1.649	1.138	1.044	925	1.768
Hierro (Fe)	26.568	52.679	43.220	50.356	69.027	30.058
Cobalto (Co)	ND	20	15	13	28	11
Níquel (Ni)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre (Cu)	ND	119	91	102	115	88
Zinc (Zn)	ND	73	43	58	73	44
Arsénico (As)	ND	3	8	3	7	6
Selenio (Se)	ND	ND	ND	1	ND	ND
Rubidio (Rb)	ND	46	32	44	39	31
Estroncio (Sr)	ND	390	561	382	448	651
Zirconio (Zr)	ND	65	78	68	135	80
Molibdeno (Mo)	ND	3	3	ND	3	2
Plata (Ag)	ND	ND	ND	ND	ND	17
Cadmio (Cd)	ND	4	8	3	ND	7
Estaño (Sn)	ND	22	5	ND	4	ND
Antimonio (Sb)	ND	1	29	4	2	5
Volframio (W)	ND	ND	9	1	3	6
Mercurio (Hg)	3	6	4	4	4	5
Plomo (Pb)	ND	8	6	6	5	7
Bismuto (Bi)	ND	3	ND	ND	9	6
Torio (Th)	ND	8	11	16	11	16
Uranio (U)	ND	ND	ND	ND	1	ND

Se señala que esta muestra representa la calidad del sedimento sólo en el momento y lugar desde donde fue extraída, y no necesariamente representan condiciones de otro momento.

## 7. Normativas aplicadas para suelos.

En nuestro país no existen normativas que señalen la calidad de los suelos. Sin embargo, en el caso 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° 95

de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, correspondiente al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Dicho 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 Zelanda, 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. Considerando la última indicación, para efectos del análisis se compararon los valores obtenidos del sedimento de suelo con las distintas normas internacionales (EEUU, Holanda, Suiza, Canadá y Argentina).

La Tabla N°5 presenta los valores de concentración de metales establecidos en la directiva de Kelley propuesta por la Unión Europea para la clasificación de suelos según el grado de contaminación por metales pesados la cual establece cinco categorías. De manara referencial los resultados obtenidos en los puntos de muestreo P1, P2, P3 y P4 serán comparados con la normativa antes citada.

**Tabla N°5: Valores de concentración de metales establecidos por Kelley.**

Directivas de Kelley para la clasificación de suelos contaminados					
Parámetro	Valores típicos para suelos no contaminados	Contaminación ligera	Contaminación	Contaminación alta	Contaminación inusualmente alta
----- mg/kg suelo seco -----					
pH (ácido)	6 - 7	5 - 6	4 - 5	2 - 4	< 2
pH alcalino	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 12	> 12
Arsénico	0 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 500	> 500
Cadmio	0 - 1	1 - 3	3 - 10	10 - 50	> 50
Cromo	0 - 100	100 - 200	200 - 500	500 - 2500	> 2500
Cobre (disponible)	0 - 100	100 - 200	200 - 500	500 - 2500	> 2500
Plomo	0 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 1,0%	> 1%
Plomo disponible	0 - 200	200 - 500	500 - 1000	1000 - 5000	> 5000
Manganeso	0 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 1,0%	> 1%
Níquel (disponible)	0 - 20	20 - 50	50 - 200	200 - 1000	> 1000
Cinc (disponible)	0 - 250	250 - 500	500 - 1000	1000 - 5000	> 5000

La Tabla N°6 presenta valores máximos de concentración de metales establecidos por las normativas internacionales para suelo de uso residencial. De manera referencial los resultados obtenidos en el punto de muestreo P5 serán comparados con la normativa antes citada.

**Tabla N°6: Valores normas internacionales.**

Metales	Contenido en suelo mg/kg materia seca				
	Niveles internacionales de referencia				
	Canadá	Holanda	EEUU	Suiza	Argentina
Arsénico	12	30	1,7	-	30
Antimonio	-	15	-	-	-
Bario	200	400	400	-	-
Cadmio	10	5	39	10	5
Zinc	200	500	500	150	150
Cobalto	-	50	-	-	50
Cobre	63	100	100	40	100
Cromo	220	250	250	50	250
Estaño	20	50	-	-	-
Mercurio	6,6	2	-	0,5	2
Molibdeno	10	40	-	5	5
Níquel	50	100	-	50	100
Plomo	140	150	400	300	500

#### 8. Estudio comparativo de los resultados obtenidos de las muestras de sedimento de suelo en los puntos de muestreo P1, P2, P3 y P4, respecto a la directiva de Kelley.

La Ley de Bases Generales del Medio Ambiente 19.300 del año 1994, en su Artículo 2, letra c), define el término **Contaminación**, como la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencias superiores o inferiores según corresponda a las establecidas en la legislación vigente.

De la misma manera, la letra d) del mismo artículo de la Ley, define un **Contaminante** como todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

De tal forma, los instrumentos normativos que establecen cuáles son los límites máximos permitidos para ser clasificados o no como contaminantes son las normas primarias y secundarias de calidad y

las normas de emisión. En Chile, las normas primarias y secundarias de calidad no incluyen el componente suelo.

El Decreto 95, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental regula el ingreso y la evaluación de los proyectos o actividades que por sus efectos, características y circunstancias deben presentar un Estudio de Impacto Ambiental porque generan o presentan riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos que genera o produce o genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire. Para evaluar la pertinencia de presentar un EIA, el proyecto o actividad debe cumplir con las normas de emisión y normas de calidad primarias y secundarias. En caso de no existir tales normas, puede usarse como referencia las respectivas normas de los países señalados en el Artículo 7: 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.

Las Directivas de Kelley son guías creadas por R.T. Kelley, asesor científico del Greater London Council en Octubre de 1979. Actualmente esta guía sigue utilizándose en la regulación de residuos en el Reino Unido, mientras que en el resto de la Comunidad Europea han sido adoptadas para la clasificación de los suelos y en nuestro país también a través del Servicio Agrícola y Ganadero (2005)<sup>1</sup>.

## **9. Resultados de la Pericias realizadas por la Sección de Ecología y Medioambiente a las muestras de agua.**

El día 30.MAY.012, durante la jornada laboral, la Profesional Karla **MUÑOZ CONCHA** procedió a realizar análisis químicos a las muestras de aguas para determinar Turbidez, Dureza Total, Sulfatos, Cloruros, Cianuros y Fluoruros (Tabla N°7).

<sup>1</sup> Servicio Agrícola y Ganadero. 2005. Estudio: Criterios de Calidad en Suelo Agrícola.

**Tabla N°7:** Resultados de los parámetros químicos registrados en los puntos de muestreo.

Parámetros	Métodos	Unidades	Puntos de muestreo				
			P1	P2	P3	P4	P5
Turbidez	Standard Methods 2130C	NTU	30	25	22	63	< 1
Dureza Total	Merck	mg/L	293	249	336	358	368
Sulfatos	Standard Methods 4500 SO <sub>4</sub>	mg/L	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Cloruros	Standard Methods 4500-Cl-E	mg/L	< 10	< 10	< 10	12	11
Cianuros	EPA N°335.2	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoruros	Standard Methods 4500 F-E	mg/L	< 0,10	< 0,20	< 0,11	< 0,10	< 0,10

mg/L: miligramos por litro.

NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez.

### 10. Resultados Informe Pericial Químico N° 476 de fecha 09.JUL.012.

Los valores obtenidos en los puntos de muestreo, para los parámetros medidos se detallan en la Tabla N°8.

**Tabla N°8.** Concentraciones de cationes encontrados en cada punto de muestreo.

Parámetro	Unidad	Puntos de muestreo				
		P1	P2	P3	P4	P5
Aluminio	mg/l	0,147	0,3216	0,8739	0,8739	0,1621
Cromo	mg/l	ND	ND	ND	ND	0,0315
Manganeso	mg/l	0,1008	0,0685	2,5838	0,2045	0,0212
Hierro	mg/l	0,3706	0,4978	0,4076	1,7928	0,0918
Níquel	mg/l	0,0263	0,0274	ND	ND	0,0738
Cobre	mg/l	0,0317	0,092	ND	0,0402	0,1628
Zinc	mg/l	0,025	0,2321	ND	0,005	0,1039
Arsénico	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	mg/l	ND	0,0041	ND	0,0004	0,0007
Molibdeno	mg/l	0,0041	0,0057	0,001	0,0034	0,0124
Plata	mg/l	0,0001	0,0141	ND	ND	0,0004
Cadmio	mg/l	0,0003	0,0002	ND	ND	0,0001
Mercurio	mg/l	0,0063	0,0001	0,0031	0,0503	0,0081
Plomo	mg/l	0,003	0,0087	ND	0,0011	0,0047

ND: No detectado.

### 11. Estudio comparativo de los resultados obtenidos en el estero Pupío, respecto a la normativa nacional.

Para establecer si el agua que se obtuvo de las muestras colectadas cumple con los requisitos indicados en la NCh1333 "Requisitos del agua para riego". Así mismo, se comparará con la Norma Chilena 409/1 "Requisitos de agua potable" para establecer si existe riesgo a la salud de animales que puedan consumirla directamente. La Tabla N°9

establece una comparación de los resultados obtenidos respecto a Norma chilena NCh 1333 numeral 6, y con respecto a la Norma Chilena 409/1 requisitos de agua potable.

**Tabla N°9.** Comparación de resultados respecto a la Norma Chilena 1333 Of.78 y a la Norma Chilena 409/1 Of.2005.

Parámetro	Unidad	NCh1333 Riego	NCh409 Agua potable	Puntos de muestreo				
				P1	P2	P3	P4	P5
Aluminio	mg/L	5,0	n.a	0,147	0,3216	0,8739	0,8739	0,1621
Cromo	mg/L	0,1	0,0500	ND	ND	ND	ND	0,0315
Manganeso	mg/L	0,2	0,1000	0,1008	0,0685	2,5838	0,2045	0,0212
Hierro	mg/L	5,0	0,300	0,3706	0,4978	0,4076	1,7928	0,0918
Níquel	mg/L	0,2	n.a	0,0263	0,0274	ND	ND	0,0738
Cobre	mg/L	0,2	2,0000	0,0317	0,092	ND	0,0402	0,1628
Zinc	mg/L	2,0	3,000	0,025	0,2321	ND	0,005	0,1039
Arsénico	mg/L	0,1	0,0100	ND	ND	ND	ND	ND
Selenio	mg/L	0,02	0,0100	ND	0,0041	ND	0,0004	0,0007
Molibdeno	mg/L	0,01	n.a	0,0041	0,0057	0,001	0,0034	0,0124
Plata	mg/L	0,2	n.a	0,0001	0,0141	ND	ND	0,0004
Cadmio	mg/L	0,01	0,0100	0,0003	0,0002	ND	ND	0,0001
Mercurio	mg/L	0,001	0,0010	0,0063	0,0001	0,0031	0,0503	0,0081
Plomo	mg/L	5,0	0,05	0,003	0,0087	ND	0,0011	0,0047
Sulfatos	mg/L	250	500	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Cloruros	mg/L	200	400	< 10	< 10	< 10	12	11
Cianuros	mg/L	0,20	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoruros	mg/L	1	1,5	< 0,10	< 0,20	< 0,11	< 0,10	< 0,10
Dureza total	mg/L	20 mínimo	n.a	293	249	336	358	368
Sólidos disueltos totales	mg/L	Ver Tabla N°10	1500	242	206	260	287	298

ND: No detectado.

n.a. No aplica la norma.

mg/L: miligramos por litro.

**Tabla N° 10:** Tabla N°2 de la NCh1333. Clasificación de aguas para riego según su salinidad.

Clasificación	Sólidos disueltos totales (mg/L)
Agua con el cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales.	$S \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles.	$500 < S \leq 1000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos.	$1000 < S \leq 2000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos.	$2000 < S \leq 5000$

## 12. Análisis de resultados de acuerdo a la NCh 409/1 – Agua potable.

Al comparar los resultados con respecto a la Norma Chilena 409/1 Of.2005 (Tabla N°9), se tiene que el punto de muestreo P3 supera el valor límite para el parámetro Manganeso, lo que podría estar asociado a que en ese punto de muestreo el agua se encontraba estancada,

por lo que podría haber acumulación de este elemento por aporte del punto de muestreo P2.

Para el elemento Hierro, todos los puntos de muestreo en el estero Pupío presentaron concentraciones elevadas de este elemento. Sin embargo, el punto de muestreo P4 (pozo) presentó una mayor concentración de este elemento, lo que podría indicar que este elemento podría formar parte de una condición natural del área de estudio. Sólo el punto de muestreo P5 (red de agua potable), presentó niveles de este elemento que no superan lo establecido por la norma.

Para el elemento Mercurio, los puntos de muestreo P1, P3, P4 y P5 presentaron concentraciones elevadas de este elemento.

Lo anterior, señala que las aguas del estero Pupío, en el tramo analizado y el punto de muestreo P5 (red de agua potable) no cumplen con los requisitos para la Norma Chilena 409/1 Of.2005.

### **13. Análisis de resultados de acuerdo a la NCh 1333 Of. 78 – Riego.**

Sobre la base de la información expuesta en las Tablas N°9 y N°10, es posible desprender que al comparar los resultados de los parámetros medidos *in situ* y obtenidos con la Norma Chilena 1333 Of.78, se observa que para el parámetro Manganeseo, el punto de muestreo P3, presentó niveles de este elemento que superan lo establecido por la norma, lo que podría estar asociado a que en ese punto de muestreo el agua se encontraba estancada, por lo que podría haber acumulación de este elemento por aporte del punto de muestreo P2.

El resto de los puntos de muestreo presentaron parámetros dentro del rango establecido. En este sentido, las aguas del estero no serían recomendables para su uso en riego.

De acuerdo a la clasificación de aguas para riego según su salinidad, los valores registrados de sólidos disueltos totales, las clasifican como aguas con las que no se observan efectos perjudiciales en cultivos.

Dado lo anterior, las aguas del estero Pupío, en el tramo analizado, no cumplen con los requisitos de la NCh 1333 Of. 78. Riego.

15

#### 14. Análisis de los resultados obtenidos de las muestras de sedimento de suelo, respecto a la directiva de Kelley.

**Arsénico:** Todos los puntos de muestreo presentaron una concentración de este analito que lo clasifica como un suelo con valores típicos para suelos no contaminados.

**Cadmio:** Los puntos de muestreo P control suelo estero, P2, P3 y P4 presentaron una concentración de este analito que los clasifica como un suelo con contaminación. Sin embargo, estos valores se encontraron dentro de un rango similar en cada punto de muestreo, por lo que podría tratarse de una condición natural del suelo del área de estudio. En los puntos restantes, no se detectó la presencia de este elemento.

**Cromo:** Todos los puntos de muestreo presentaron una concentración de este analito que lo clasifica como un suelo con valores típicos para suelos no contaminados.

**Plomo:** Todos los puntos de muestreo presentaron una concentración de este analito que lo clasifica como un suelo con valores típicos para suelos no contaminados.

**Manganeso:** Los puntos de muestreo P1 y P4 presentaron una concentración de este analito que lo clasifica como un suelo con contaminación ligera. Los puntos de muestreo P control suelo estero, P2 y P3 presentaron una concentración de este analito que lo clasifica como un suelo contaminado. Sin embargo, estos valores están dentro de un rango similar en cada punto, por lo que podría tratarse de una condición natural del suelo del área de estudio.

**Níquel:** Todos los puntos de muestreo presentaron una concentración de este analito que lo clasifica como un suelo con valores típicos para suelos no contaminados.

**Zinc:** Todos los puntos de muestreo presentaron una concentración de este analito que lo clasifica como un suelo con valores típicos para suelos no contaminados.

La Tabla N°11 presenta la clasificación de los puntos de muestreo según las Directivas de Kelley.

**Tabla N°11:** Clasificación de los puntos de muestreo según las Directivas de Kelley.

Punto de muestreo	Clasificación de Kelley	Analito
P1	Contaminación ligera	Manganeso
P control suelo (Estero Pupío)	Contaminado	Cadmio
	Contaminado	Manganeso
P2	Contaminado	Cadmio
	Contaminado	Manganeso
P3	Contaminado	Cadmio
	Contaminado	Manganeso
P4	Contaminado	Cadmio
	Contaminación ligera	Manganeso

**15. Estudio comparativo del resultado obtenido de la muestra de sedimento de suelo en el punto de muestreo P5, respecto a las normativas aplicadas para suelos de uso residencial.**

Como se indicó anteriormente, en nuestro país no existen normativas que señalen la calidad de los suelos, por lo que los datos obtenidos se compararán con las normativas de la Tabla N°6, las cuales hacen relación con el umbral máximo permitido para sectores residenciales o de esparcimiento. Esta revisión normativa se ajusta a lo indicado en el Artículo N°11 del Decreto Supremo 95.

**16. Análisis de resultados de suelo de acuerdo a la normativa internacional seleccionada para el análisis de suelo.**

La Tabla N°12 muestra los resultados obtenidos, los cuales fueron comparados con la normativa internacional.

**Tabla N°12:** Comparación de resultados respecto a la normativa internacional.

Metales	Contenido en suelo mg/kg materia seca					
	Niveles internacionales de referencia					
	Canadá	Holanda	EEUU	Suiza	Argentina	P5
Arsénico	12	30	1,7	-	30	6
Antimonio	-	15	-	-	-	5
Bario	200	400	400	-	-	ND
Cadmio	10	5	39	10	5	7
Zinc	200	500	500	150	150	44
Cobalto	-	50	-	-	50	11
Cobre	63	100	100	40	100	88
Cromo	220	250	250	50	250	4
Estaño	20	50	-	-	-	ND

ND: No detectado.

**Tabla N°12:** Comparación de resultados respecto a la normativa internacional (continuación).

Metales	Contenido en suelo mg/kg materia seca					
	Niveles internacionales de referencia					
	Canadá	Holanda	EEUU	Suiza	Argentina	P5
Mercurio	6,6	2	-	0,5	2	5
Molibdeno	10	40	-	5	5	2
Níquel	50	100	-	50	100	ND
Plomo	140	150	400	300	500	7

ND: No detectado.

#### **Arsénico:**

Este analito fue detectado en el punto de muestreo analizado. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con la normativa de suelos residenciales de Canadá, Holanda y Argentina se tiene que para la muestra de suelo en el punto P5, se observó un valor que no supera el valor límite de las normas citadas. Sin embargo, es preciso mencionar que al comparar estos resultados con la normativa de Estados Unidos, se observa que excede el valor máximo establecido por dicha norma.

#### **Antimonio:**

Este analito fue detectado en el punto de muestreo analizado. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con la normativa de Holanda, se tiene que el punto P5 analizado presentó concentraciones que se encuentran dentro del rango establecido por la norma citada.

#### **Cadmio:**

Este analito fue detectado en el punto de muestreo analizado. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con las normativas de Canadá y Suiza, se tiene que el punto P5 analizado presentó concentraciones que se encuentran dentro del rango establecido por la norma citada. Asimismo, al comparar los resultados con la normativa de Estados Unidos. Sin embargo, al comparar estos resultados con las normativas de Holanda y Argentina, se observa que excede el valor máximo establecido por dichas normas.

**Zinc:**

Este analito fue detectado en el punto de muestreo analizado. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con todas las normativas expuestas, se tiene que el punto P5 analizado presentó concentraciones que no superan el valor límite de las normas citadas.

**Cobalto:**

Este analito fue detectado en el punto de muestreo analizado. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con las normativas de Holanda y Argentina, se tiene que el punto P5 analizado presentó concentraciones que no superan el valor límite de las normas citadas.

**Cobre:**

Este analito fue detectado en el punto de muestreo. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con la normativa de Holanda, EEUU y Argentina, se tiene que para la muestra de suelo P5 se observaron valores que no superan el valor límite de la norma citada. Sin embargo, al comparar estos resultados con las normativas de Suiza y Canadá, se observa que excede el valor máximo establecido por dicha norma.

**Cromo:**

Este analito fue detectado en el punto de muestreo. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con las normativas expuestas, se tiene que para la muestra de suelo P5 se observaron valores que no superan el valor límite de la norma citada.

**Mercurio:**

Este analito fue detectado en el punto de muestreo. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con la normativa de Canadá para suelo de uso residencial, se observa que las concentraciones de este elemento no superan el valor límite de la norma citada en todos los puntos de muestreo analizados. Sin embargo, al comparar estos resultados con las normativas de Holanda, Argentina y Suiza, se observa que excede el valor máximo establecido por dicha norma.

**Molibdeno:**

Este analito fue detectado en el punto de muestreo. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con las

normativas expuestas, se observa que las concentraciones de este elemento no superan el valor límite de las normativas citadas.

**Plomo:**

Este analito fue detectado en el punto P5 de muestreo. Al comparar los resultados expuestos en la Tabla N°12 con las normativas expuestas, se tiene que para la muestra de suelo en el punto analizado, se obtuvieron valores que no superan el valor límite de las normas citadas.

**III.- CONCLUSIONES**

**NCh 1333- Riego.**

1.- El punto de muestreo P3, presentó niveles de Manganeso que superan lo establecido por la norma, lo que podría estar asociado a que en ese punto de muestreo el agua se encontraba estancada, por lo que podría haber acumulación de este elemento por aporte del punto de muestreo P2. Lo anterior, señala que las aguas del estero Pupío no serían recomendables para su uso en riego, asociada a la concentración de Manganeso de suelo.

**NCh 409/1- Agua potable.**

2.- El punto de muestreo P3 presentó niveles de Manganeso que superan el valor límite establecido por la norma. Dicho valor podría estar asociado a que en ese punto de muestreo el agua se encontraba estancada, por lo que podría haber acumulación de este elemento por aporte del punto de muestreo P2, debido a que el agua fluía y llegaba a este punto de muestreo.

3.- Todos los puntos de muestreo del estero Pupío presentaron concentraciones elevadas de Hierro, por lo que no es recomendable para la bebida de personas y animales de manera directa. Sólo el punto de muestreo P5, presentó niveles de este elemento que no superan lo establecido por la norma. Sin embargo, para el parámetro Mercurio, para este punto de muestreo, se observaron concentraciones elevadas de este elemento, por lo que estas aguas no serían aptas para la bebida de personas y animales.

4.- Los puntos de muestreo P1, P3 y P4 También presentaron el parámetro Mercurio en concentraciones elevadas, por lo que estas aguas no serían aptas para la bebida de personas y animales.

5.- En este contexto, las aguas del estero Pupío, en el tramo analizado, no cumplen con los requisitos de la norma de agua potable. El punto de muestreo P5 cumple con los requisitos de la Norma Chilena 409/1, siendo apta para este uso.

#### **Suelo.**

6.- Los puntos de muestreo P control suelo estero, P2, P3 y P4 presentaron un suelo contaminado por Cadmio. Sin embargo, estos valores se presentaron dentro un rango similar en cada punto, por lo que se podría tratar de una condición natural de la zona de estudio.

7.- Los puntos de muestreo P control suelo estero, P2, y P3 presentaron un suelo contaminado por Manganeso. Sin embargo, estos valores se presentaron dentro un rango similar en cada punto, por lo que se podría tratar de una condición natural de la zona de estudio.

8.- Los puntos de muestreo P1 y P4 presentaron un suelo con contaminación ligera por Manganeso.

9.- En este contexto, resulta importante poder conocer por qué existen valores elevados de Cadmio y Manganeso, y si corresponde a una condición natural o antropogénica del estero Pupío.

10.- El punto de muestreo P5 (suelo residencial) cumple con los límites establecidos para Antimonio, Zinc, Cromo, Molibdeno y Plomo para suelo de uso residencial.

11.- Este análisis refleja la calidad del agua y del sedimento sólo en el momento y lugar desde donde fueron extraídas las muestras y no necesariamente representan condiciones de otro momento.

Saluda atte. a US



**KARLA MUÑOZ CONCHA**  
Profesional  
Sección Ecología y Medioambiente

**KMC/kmc**

Distribución:

- Fiscalía Local de Los Vilos. (1)  
- BIDEA Metropolitana. (1)  
- Arch. Lacrim. (1)

L: 5257

E: 107