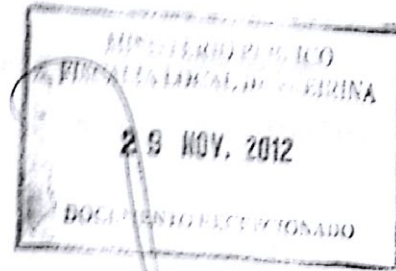


# PDI

POLICÍA DE INVESTIGACIONES  
DE CHILE

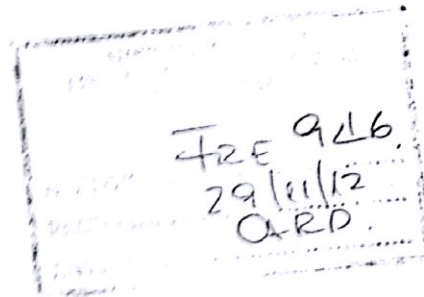


## INFORME PERICIAL MEDIOAMBIENTAL

INGRESADO SAF .....

RIF .....

FECHA 30/11/12



Nº 188/2012/

A: FISCALÍA LOCAL DE FREIRINA

RUC Nº1200320787-9



**SANTIAGO, 23.NOV.012.**

**A LA:**

**FISCALÍA LOCAL DE FREIRINA.**

Mediante Oficio N° 764 de fecha 12.OCT.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 atinentes a la especialidad en la comuna de Freirina, Región de Atacama, los días 16 al 19 de Octubre del presente año.

Lo anterior dice relación con investigación incoada en Causa R.U.C. N° 1200320787-9 de la Fiscalía Local de Freirina.

## **I.- DESCRIPCIÓN**

Con fecha 17 de Octubre del 2012, la Profesional Karla **MUÑOZ CONCHA** de la Sección Ecología y Medioambiente del Lacrim Central, se constituyó en la comuna de Freirina, III Región de Atacama, con la finalidad de efectuar una Inspección Ocular y tomar muestras de agua potable de consumo para cerdos en diferentes planteles de la empresa Agrosuper y de sedimentos aledaños a las faenas de dicha empresa. El procedimiento policial fue efectuado por el Inspector Jaime **PÉREZ AGUILERA** de dotación de la BIDEA Metropolitana.

## **II.- OPERACIONES PRACTICADAS Y RESULTADOS**

### **2.1. Identificación de los puntos de muestreo.**

Se concurrió a la empresa Agrosuper en la comuna de Freirina, en donde se identificaron tres puntos de muestreo dentro de la planta en el sector de Maintencillo y tres puntos de muestreo dentro de la planta en el sector de Nicolasa, correspondientes a los planteles de cerdos de



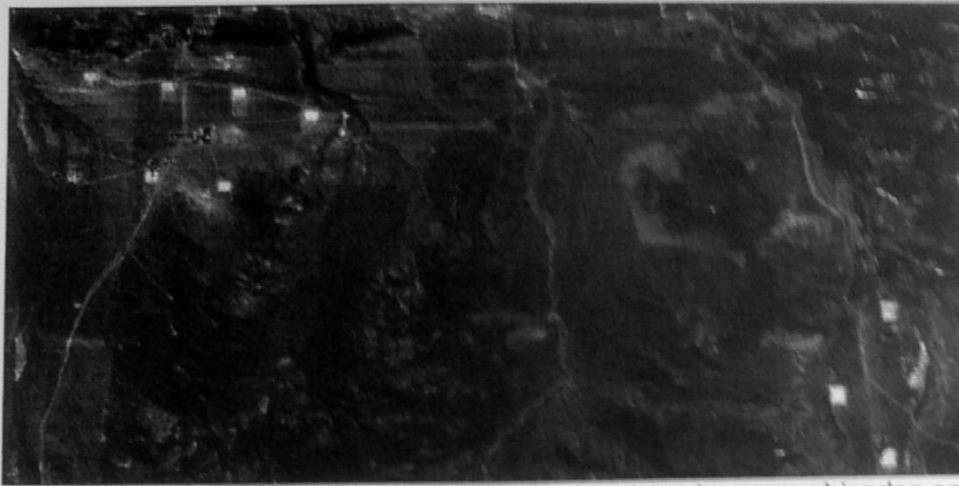
distintas edades, para muestreo de agua potable. En este último sector, se identificaron dos puntos de muestreo para suelo. Fuera de la planta, se identificaron 4 puntos para muestreo de agua y tres puntos para muestreo de suelo. Se señala que estas aguas serían utilizadas para el riego de plantaciones y para bebida de animales, según información expuesta por el Subgerente de Calidad y Medioambiente de Agrosuper, el Sr. Alejandro Sánchez Jaramillo.

## 2.2 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 1,2 y 3).

**Tabla N°1. Puntos de muestreo.**

PUNTO	NOMBRE	COORDENADAS UTM
<b>Muestras de agua</b>		
P1	Plantel N°5, Maitencillo. Grupo La Fragua.	19J E 314348 N 6835631
P2	Stud Maintencillo.	19J E 312278 N 6834397
P3	Plantel El Relincho, gestación 1.	19J E 313862 N 6834187
P4	Canal quebrada Honda, Maintencillo. Sector Longomilla.	19J E 314224 N 6841045
P5	Tranque de tratamiento de agua Longomilla, Maintencillo.	19J E 314156 N 6841082
P6	Plantel pabellón N°1, sector La Flecha. Nicolasa.	19J E 298868 N 6840287
P7	Plantel Agua Salada N°3. Nicolasa.	19J E 300990 N 6839683
P8	Plantel pasillo N°6. Sector Arenilla. Nicolasa.	19J E 302493 N 6839887
P9	Tranque de tratamiento de agua Nicolasa.	19J E 302736 N 6842352
P10	Canal Nicolasa.	19J E 302871 N 6842373
<b>Muestras de suelo</b>		
S1	Sector Juica, zona de riego N°1. Nicolasa.	19J E 304866 N 6841016
S2	Sector riego N°1. Costado sur cancha de compostaje. Nicolasa.	19J E 303772 N 6840474
C1	Control N°1. Ruta C-46.	19J E 311031 N 6842617
C2	Control N°2. Ruta C-46.	19J E 311014 N 6842595
C3	Control N°3. Ruta C-46.	19J E 311041 N 6842612



**Figura 1:** Vista general de los puntos de muestreo de agua, ubicados en la empresa Agrosuper. Fuente: Google Earth, 2012.



**Figura 2:** Vista general de los puntos de muestreo de suelo, ubicados en la empresa Agrosuper. Fuente: Google Earth, 2012.



**Figura 3:** Vista general de los puntos de muestreo control de suelo, ubicados en la cercanía de la Ruta C-46. Fuente: Google Earth, 2012.



### 2.3. Descripción de los puntos de muestreo.

#### 2.3.1 Muestras líquidas:

**P1:** Este punto de muestreo corresponde al plantel N°5 de cerdos, lugar donde se encontraban las hembras reproductoras (Figura 4). Este plantel fue identificado como "Grupo La Fragua", ubicado en el sector de Maintencillo.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el agua de consumo para los cerdos presentó un aspecto transparente y sin olor. En el lugar, se colectaron dos muestras de agua a partir del chupete de bebida de cerdos, para lo cual se dejó correr el agua y después se tomó la muestra de agua. No se percibieron olores penetrantes característicos a material fecal, sin embargo, si se percibieron olores amoniacaes característicos de la orina de animales.



**Figura 4:** Vista general del punto de muestreo P1.

**P2:** Este punto de muestreo corresponde al plantel de cerdos llamado "Stud Maintencillo", ubicado en el sector de Maintencillo. En este lugar se encontraban los machos reproductores (Figura 5).

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el agua de consumo para los cerdos presentó un aspecto transparente y sin olor. En el lugar, se colectaron dos muestras de agua a partir del chupete de bebida de cerdos, para lo cual se dejó correr el agua y después se tomó la

muestra de agua. No se percibieron olores penetrantes característicos a material fecal, sin embargo, si se percibieron olores amoniacaes característicos de la orina de animales.



**Figura 5:** Vista general del punto de muestreo P2.

**P3:** Este punto de muestreo corresponde al plantel de gestación N°1, lugar donde se encontraban las hembras reproductoras (Figura 6). Este plantel fue identificado como "El Relincho", ubicado en el sector de Maintencillo.



**Figura 6:** Vista general del punto de muestreo P3.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el agua de consumo para los cerdos presentó un aspecto transparente y



sin olor. En el lugar, se colectaron dos muestras de agua a partir del chupete de bebida de cerdos, para lo cual se dejó correr el agua y después se tomó la muestra de agua. No se percibieron olores penetrantes característicos a material fecal, sin embargo, si se percibieron olores amoniacales característicos de la orina de animales.

**P4:** Este punto de muestreo corresponde al canal de regadío llamado "Quebrada Honda", ubicado en el sector de Longomilla, Maintencillo. De este lugar, se extraía el agua para ser llevada al tranque, en donde finalmente, era llevada a cada plantel para potabilizarla.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el caudal del canal fluía rápido en dirección Sur a Norte, presentaba un sustrato de sedimentos finos, con una erosión baja y con una orilla natural. Se encontraba dentro de un entorno de pastizales y agricultura. Su uso era, eventualmente, para el riego de hortalizas (Figura 7).



**Figura 7:** Vista general del punto de muestreo P4.

El agua se observó con un aspecto transparente, de coloración café claro, sin olor a descomposición y con moderada vegetación acuática.

En terreno, se colectaron dos muestras de agua del canal y no se percibieron olores penetrantes característicos a materia



orgánica en descomposición. No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural.

**P5:** Este punto de muestreo corresponde al tranque de tratamiento de agua, ubicado en el sector de Longomilla, Maintencillo. En este lugar, se concentraría el agua del canal Quebrada Honda para ser llevada a los planteles de Agrosuper y previa potabilización para ser consumida por los cerdos.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, se observaron aves identificadas como Bailarín chico (*Anthus correndera*), Pato común (*Anas platyrhynchos*) y Golondrina (*Hirundo rustica*). El tranque, se encontraba dentro de un entorno de pastizales y agricultura (Figura 8).



**Figura 8:** Vista general del punto de muestreo P5.

El agua se observó con un aspecto transparente y sin olor a descomposición.

En terreno, se colectaron dos muestras de agua del tranque y no se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición. No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural.

**P6:** Este punto de muestreo corresponde al plantel N°1 de cerdos, lugar donde se encontraban cerdos hembras y machos, de aproximadamente 120 días (Figura 9). Este plantel fue identificado como "La Flecha", ubicado en el sector Nicolasa.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el agua presentó un aspecto transparente y sin olor. En el lugar, se colectaron dos muestras de agua a partir del ducto de suministro de agua de cerdos. No se percibieron olores penetrantes característicos a material fecal, sin embargo, si se percibieron olores amoniacales característicos de la orina de animales.



**Figura 9:** Vista general del punto de muestreo P6.

**P7:** Este punto de muestreo corresponde al plantel N°3 de cerdos, lugar donde se encontraban cerdos hembras y machos, de aproximadamente 140 días (Figura 10). Este plantel fue identificado como "Agua Salada", ubicado en el sector Nicolasa.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el agua de consumo para los cerdos presentó un aspecto transparente y sin olor. En el lugar, se colectaron dos muestras de agua a partir del ducto de suministro de agua de cerdos. Se percibieron olores penetrantes característicos a material fecal y olores amoniacales característicos de la orina de animales.



**Figura 10:** Vista general del punto de muestreo P7.

**P8:** Este punto de muestreo corresponde al plantel N°6 de cerdos, lugar donde se encontraban cerdos hembras y machos, de aproximadamente 175 días (Figura 11). Este plantel fue identificado como "Arenilla", ubicado en el sector Nicolasa.



**Figura 11:** Vista general del punto de muestreo P8.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el agua de consumo para los cerdos presentó un aspecto transparente, con penetrante olor azufrado y con una coloración amarillenta. En el lugar, se colectaron dos muestras de agua a partir del ducto de suministro de agua de



cerdos. de bebida de cerdos. Se percibieron olores penetrantes característicos a material fecal y a olores amoniacaes característicos de la orina de animales.

**P9:** Este punto de muestreo corresponde al tranque de tratamiento de agua, ubicado en el sector Nicolasa. En este lugar, se concentraría el agua del canal Nicolasa para ser llevada a los planteles de Agrosuper y potabilizarla para la bebida de cerdos.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, se observaron aves identificadas como Bailarín chico (*Anthus correndera*), Pato común (*Anas platyrhynchos*) y Golondrina (*Hirundo rustica*). El tranque, se encontraba dentro de un entorno de pastizales y agricultura (Figura 12).



**Figura 12:** Vista general del punto de muestreo P9.

El agua se observó con un aspecto transparente y sin olor a descomposición.

En terreno, se colectaron dos muestras de agua del tranque y no se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición. No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural.

**P10:** Este punto de muestreo corresponde al canal de regadío llamado "Nicolasa", ubicado en el sector de Nicolasa. De

este canal se obtendría el agua para ser llevada al tranque, en donde se concentra y finalmente, sería llevada a cada plantel para su potabilización.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, el caudal del canal fluía rápido en dirección Sur a Norte, presentaba un sustrato de sedimentos finos, con una erosión moderada y con una orilla natural. Se encontraba dentro de un entorno de pastizales y agricultura. Su uso era, eventualmente, para el riego de hortalizas y bebida de animales (Figura 13).



**Figura 13:** Vista general del punto de muestreo P10.

El agua se observó con un aspecto transparente, de coloración café claro, sin olor a descomposición y con abundante vegetación acuática.

En terreno, se colectaron dos muestras de agua del canal y no se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición. No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural.

### **2.3.2 Muestras sólidas:**

**S1:** Este punto de muestreo se ubica en la zona de riego N°1, la cual se encuentra al Oeste del plantel Juica, el cual se encuentra detrás de la cancha de compostaje del sector Nicolasa.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, no se observó cierre perimetral de reja o alambrado en el lugar. Dentro de las características del terreno, se observó un sustrato compuesto por bolones, arena y sedimentos finos. No se observó la presencia de vegetación (Figura 14).

En terreno, se colectó una muestra de suelo, el que se observó húmedo y de coloración café. Se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición.



**Figura 14:** Vista general del punto de muestreo S1.

**S2:** Este punto de muestreo se ubica en la zona de riego N°1, la cual se encuentra al costado Sur de la cancha de compostaje de la planta de tratamiento de Purines del sector Nicolasa.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, no se observó cierre perimetral de reja o alambrado en el lugar. Dentro de las características del terreno, se observó un sustrato compuesto por bolones, arena y sedimentos finos. No se observó la presencia de vegetación (Figura 15).

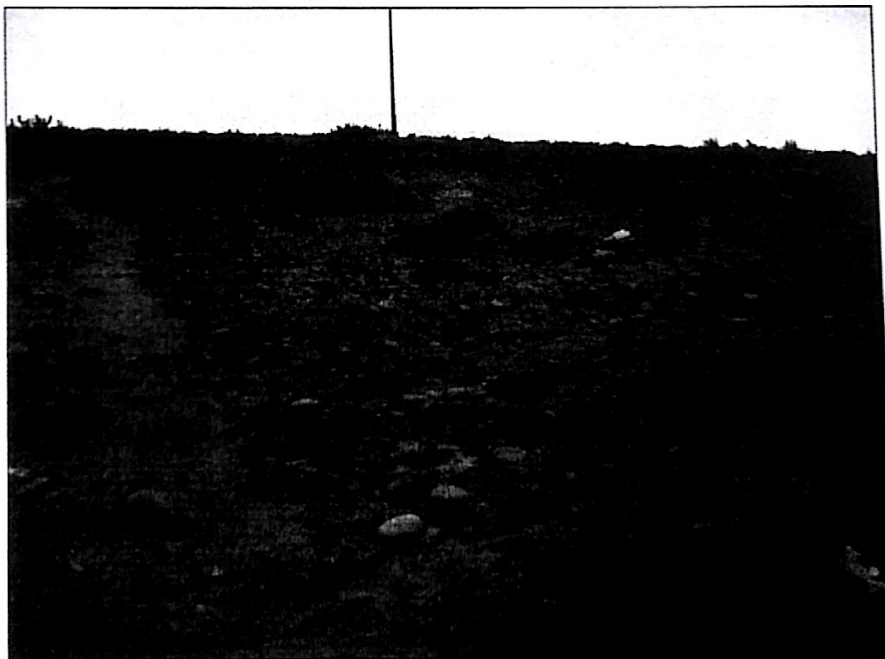
En terreno, se colectó una muestra de suelo, el que se observó húmedo y de coloración café. Se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición.





**Figura 15:** Vista general del punto de muestreo S2.

**C1:** Este punto de muestreo fue identificado como punto control N°1. Se ubica en el sector donde está la ruta C-46, cercano al camino pavimentado de la ruta y al camino aledaño sin pavimento, aproximadamente a 8,8 kms de distancia de Freirina (Figura 16).



**Figura 16:** Vista general del punto de muestreo C1.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, se observó dentro de las características del terreno, un sustrato compuesto por bolones, arena y sedimentos finos, y con vegetación moderada.

En terreno, se colectó una muestra de suelo, el que se observó sin humedad y de coloración café. No se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición. No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural.

**C2:** Este punto de muestreo fue identificado como punto control N°2. Se ubica en el sector donde está la ruta C-46, cercano al camino pavimentado de la ruta y al camino aledaño sin pavimento, aproximadamente a 8,8 kms de distancia de Freirina.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, se observó que dentro de las características del terreno, éste presentó una actividad natural, un sustrato compuesto por bolones, arena y sedimentos finos, y con vegetación moderada (Figura 17).



**Figura 17:** Vista general del punto de muestreo C2.

En terreno, se colectó una muestra de suelo, el que se observó sin humedad y de coloración café. No se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición. No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural.

**C3:** Este punto de muestreo fue identificado como punto control N°3. Se ubica en el sector donde está la ruta C-

46, cercano al camino pavimentado de la ruta y al camino aledaño sin pavimento, aproximadamente a 8,8 kms de distancia de Freirina.

Al momento de realizar la Inspección Ocular, se observó que dentro de las características del terreno, éste presentó un sustrato compuesto por bolones, arena y sedimentos finos, y con vegetación moderada (Figura 18).

En terreno, se colectó una muestra de suelo, el que se observó sin humedad y de coloración café. No se percibieron olores penetrantes característicos a materia orgánica en descomposición. No se visualizaron escurrimientos de líquidos de origen antrópico ni otros de tipo natural.



**Figura 18:** Vista general del punto de muestreo C3.

### **3. Toma de muestra de agua.**

En todos los puntos de muestreo, designados con letra "P", 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.



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 23.OCT.012 se procedió a realizar el ingreso de las evidencias en la Sección Custodia Transitoria de Evidencias, siendo registradas con el N° 5669/12 (Tabla N°2).

**Tabla N° 2: Muestras de agua 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	17.OCT.012 12:20	274967
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P2	17.OCT.012 13:30	274968
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P3	17.OCT.012 14:20	274969
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P4	17.OCT.012 15:00	274970
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P5	17.OCT.012 15:20	274971
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P6	17.OCT.012 16:25	274972
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P7	17.OCT.012 17:20	274973
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P8	17.OCT.012 18:05	274975
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P9	17.OCT.012 18:45	274976
Bolsa plástica transparente que contiene dos frascos plásticos de un litro de capacidad con muestras líquidas.	P10	17.OCT.012 18:50	274977

#### 4. Toma de muestra de sedimento.

En cada punto de muestreo se tomó una muestra puntual de sedimento por medio de una calicata de 100x100 cm y de 10 cm de profundidad, el protocolo de muestreo se diseñó tomando como referencia el protocolo de muestreo, de acuerdo a la norma EPA 600/R92/128

(July, 1992). Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies. Section 3, random sampling.

Estas muestras de sedimento fueron ingresadas a la Sección Custodia Transitoria de Evidencias el día 23.OCT.012 siendo registradas con el N° 5669/12 (Tabla N°3).

**Tabla N° 3:** Muestras de sedimento tomadas en los puntos inspeccionados.

Evidencias	Punto de muestreo	Día y hora de muestreo	NUE
Bolsa plástica transparente de 1kg aproximadamente de sedimento.	S1	18.OCT.012 10:05	274978
Bolsa plástica transparente de 1kg aproximadamente de sedimento.	S2	18.OCT.012 10:20	839007
Bolsa plástica transparente que contiene tres bolsas plásticas transparentes de 1kg aproximadamente de sedimento.	C1, C2 y C3	18.OCT.012 12:07	274974

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

En los puntos de muestreo, se midieron *in situ* parámetros físicos-químicos del agua, tales como pH, temperatura y conductividad, los cuales fueron registrados mediante el uso de un equipo marca WTW modelo Multi 340-i que entrega resultados instantáneos (Tabla N°4).

**Tabla N° 4:** Parámetros físico – químicos *in situ* registrados en los puntos de muestreo.

Parámetro	Método	Unidades	Puntos de muestreo									
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
pH	Standard Methods 4500H+B	Unidades	8,30	7,74	8,10	8,46	8,28	8,50	8,48	8,41	8,86	8,77
Temperatura	EPA 170.1	°C	23,7	20,5	20,6	22,9	20,7	19,8	19,6	19,5	19,2	18,9
Conductividad	Standard Methods 2510	µS/cm	918	892	904	880	876	2.060	2.090	2.050	2.080	2.080

µS/cm: microSiemens por centímetro.

°C: grado Celsius.

#### 5. Resultados Informe Pericial Químico N° 738 de fecha 22.NOV.012.

Se procedió a la interpretación de los valores obtenidos en los puntos de muestreo, para los parámetros medidos, los que se detallan en la Tabla N°5 y N°6. Estos resultados fueron informados por el



Perito Químico Rodrigo **ROMÁN GONZÁLEZ** de la Sección Química y Física del  
Lacrim Central.

**Tabla N°5.** Concentraciones de cationes encontrados en cada punto de muestreo.

Parámetro	Unidad	Puntos de muestreo									
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Aluminio	mg/l	0.1231	0.0583	0.0295	5.4067	0.894	1.3367	1.6842	1.2855	0.1053	0.5381
Cromo	mg/l	0.0035	0.0053	0.0012	0.0031	0.0001	ND	0.02	0.0422	ND	ND
Manganeso	mg/l	0.0097	0.0057	0.0061	0.0915	0.0266	0.0043	0.0056	0.0109	0.0208	0.0213
Hierro	mg/l	0.1888	0.4187	0.0729	2.8025	0.4277	ND	0.0278	0.187	0.0183	0.2934
Niquel	mg/l	ND	ND	ND	ND	0.0033	ND	0.0086	0.0213	ND	ND
Cobre	mg/l	0.0065	0.0048	0.0054	0.0115	0.0087	0.0106	0.0183	0.0152	0.0092	0.0012
Zinc	mg/l	0.5551	0.0699	0.4889	0.0009	0.0062	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	mg/l	0.0032	0.0035	0.005	0.0062	0.0062	0.0084	0.0007	0.0002	0.0089	0.0076
Selenio	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0008	ND	ND	0.0021
Molibdeno	mg/l	0.0063	0.0065	0.0067	0.0065	0.0063	0.0054	0.008	0.0114	0.0051	0.0052
Plata	mg/l	ND	ND	ND	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	mg/l	0.0017	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	0.0002	ND	ND	ND	ND
Plomo	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: No detectado.

**Tabla N°6.** Concentraciones de aniones encontrados en cada punto de muestreo.

Parámetro	Unidad	Puntos de muestreo									
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Fluoruro	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cloruro	mg/l	75.77	75.09	78.36	45.91	61.7	241.4	237.1	230.97	230.49	214.57
Nitrito	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfato	mg/l	425.53	402.12	430.07	47.56	284.13	834.1	827.89	799.2	812.4	757.84
Bromuro	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrato	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fosfato	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

## 6. Estudio comparativo de los resultados obtenidos en las muestras de agua, respecto a la normativa nacional.

Se realizó un estudio comparativo de los resultados obtenidos de los análisis realizados a las muestras de agua colectadas en los puntos de muestreo respecto a lo indicado en la Norma Chilena NCh 1333.Of78, "Requisitos de calidad del agua para diferentes usos", Numeral 6, para las aguas destinadas a riego, considerando su uso. Asimismo, se realizó una comparación de estas mismas muestras respecto a lo indicado en la Norma Chilena NCh 409/1.Of.2005, "Requisitos del Agua potable" (Tabla N°7 y 8).



**Tabla N° 7:** Comparación de resultados obtenidos en el sector Maintencillo respecto a la Norma Chilena 1333 Of.78 y a la Norma Chilena 409/1 Of.2005.

Parámetro	Unidad	NCh 1333 Agua riego	NCh 409 Agua potable	Sector Maintencillo Puntos de muestreo				
				P1	P2	P3	P4	P5
pH	rango	5,5-9,0	6,5< pH< 8,5	8,30	7,74	8,10	8,46	8,28
Conductividad	µS/cm	Ver tabla N°9	n.a.	918	892	904	880	876
Aluminio	mg/l	5,00	n.a	0,1231	0,0583	0,0295	5,4067	0,894
Cromo	mg/l	0,10	n.a.	0,0035	0,0053	0,0012	0,0031	0,0001
Manganeso	mg/l	0,20	0,1	0,0097	0,0057	0,0061	0,0915	0,0266
Hierro	mg/l	5,00	0,3	0,1888	0,4187	0,0729	2,8025	0,4277
Níquel	mg/l	0,20	n.a	ND	ND	ND	ND	0,0033
Cobre	mg/l	0,20	2,0	0,0065	0,0048	0,0054	0,0115	0,0087
Zinc	mg/l	2,00	3,0	0,5551	0,0699	0,4889	0,0009	0,0062
Arsénico	mg/l	0,10	0,01	0,0032	0,0035	0,005	0,0062	0,0062
Selenio	mg/l	0,020	0,01	ND	ND	ND	ND	ND
Molibdeno	mg/l	0,010	n.a	0,0063	0,0065	0,0067	0,0065	0,0063
Plata	mg/l	0,20	n.a	ND	ND	ND	0,0001	ND
Cadmio	mg/l	0,010	0,01	0,0017	ND	ND	ND	ND
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	ND	ND	ND	ND	ND
Plomo	mg/l	5,00	0,05	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoruro	mg/l	1,0	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Cloruro	mg/l	200	400	75,77	75,09	78,36	45,91	61,7
Nitrito	mg/l	n.a	n.a	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfato	mg/l	250	500	425,53	402,12	430,07	47,56	284,13
Bromuro	mg/l	n.a	n.a	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrato	mg/l	n.a	50	ND	ND	ND	ND	ND
Fosfato	mg/l	n.a	n.a	ND	ND	ND	ND	ND

n.a.: Parámetro que no aplica a la norma.

µS/cm: microSiemens por centímetro.

**Tabla N° 8:** Comparación de resultados obtenidos en Nicolasa respecto a la Norma Chilena 1333 Of.78 y a la Norma Chilena 409/1 Of.2005.

Parámetro	Unidad	NCh 1333 Agua riego	NCh 409 Agua potable	Sector Nicolasa Puntos de muestreo				
				P6	P7	P8	P9	P10
pH	rango	5,5-9,0	6,5< pH< 8,5	8,50	8,48	8,41	8,86	8,77
Conductividad	µS/cm	Ver tabla N°9	n.a.	2.060	2.090	2.050	2.080	2.080
Aluminio	mg/l	5,00	n.a	1,3367	1,6842	1,2855	0,1053	0,5381
Cromo	mg/l	0,10	n.a.	ND	0,02	0,0422	ND	ND
Manganeso	mg/l	0,20	0,1	0,0043	0,0056	0,0109	0,0208	0,0213
Hierro	mg/l	5,00	0,3	ND	0,0278	0,187	0,0183	0,2934
Níquel	mg/l	0,20	n.a	ND	0,0086	0,0213	ND	ND
Cobre	mg/l	0,20	2,0	0,0106	0,0183	0,0152	0,0092	0,0012
Zinc	mg/l	2,00	3,0	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	mg/l	0,10	0,01	0,0084	0,0007	0,0002	0,0089	0,0076
Selenio	mg/l	0,020	0,01	ND	0,0008	ND	ND	0,0021
Molibdeno	mg/l	0,010	n.a	0,0054	0,008	0,0114	0,0051	0,0052
Plata	mg/l	0,20	n.a	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmio	mg/l	0,010	0,01	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio	mg/l	0,001	0,001	0,0002	ND	ND	ND	ND
Plomo	mg/l	5,00	0,05	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoruro	mg/l	1,0	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Cloruro	mg/l	200	400	241,4	237,1	230,97	230,49	214,57
Nitrito	mg/l	n.a	n.a	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfato	mg/l	250	500	834,1	827,89	799,2	812,4	757,84
Bromuro	mg/l	n.a	n.a	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrato	mg/l	n.a	50	ND	ND	ND	ND	ND
Fosfato	mg/l	n.a	n.a	ND	ND	ND	ND	ND

n.a.: Parámetro que no aplica a la norma.

µS/cm: microSiemens por centímetro.

Clasificación	Conductividad específica, c, $\mu$ mhos/cm a 25°C
Agua con el cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales.	$c \leq 750$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles.	$750 < c \leq 1500$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos.	$1500 < c \leq 3000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos.	$3000 < c \leq 7500$

## 7. Análisis de resultados de agua de acuerdo a la NCh 1333 Of. 78 – Agua para riego.

De acuerdo a la Tabla N° 7 es posible observar que las aguas contenidas en el canal de regadío Quebrada Honda (P4) no cumplen con los requisitos de la Norma Chilena NCh 1333, aguas para riego, por cuanto exceden en un 8% en la concentración de Aluminio. El punto de muestreo P5 (tranque de tratamiento de agua Longomilla), cumple con los requisitos físicos químicos especificados en dicha norma. Sin embargo, con respecto a la clasificación de aguas para riego según su salinidad, los valores registrados de conductividad y sólidos disueltos totales en estos puntos de muestreo del sector Maintencillo (Tabla N° 9), las clasifican como aguas que no presentarían efectos perjudiciales para el riego de vegetales.

En este sentido, las aguas contenidas en el tranque de tratamiento de agua Longomilla, serían recomendables para su uso en riego de cultivos.

De acuerdo a la Tabla N°8 es posible observar que los puntos de muestreo, identificados como P9 (tranque tratamiento Nicolasa) y P10 (canal Nicolasa) no cumplen con los requisitos químicos especificados en dicha norma, por cuanto el punto de muestreo P9 excede en un 0,07% en la concentración de Cloruros y un 0,89% en la concentración de Sulfatos y el punto de muestreo P10 excede en un 0,03% en la concentración de Cloruros y un 0,81% en la concentración de Sulfatos. De acuerdo a estos resultados, se puede apreciar que estos puntos de muestreo presentaron excedentes parecidos de acuerdo a los Cloruros y Sulfatos.

Con respecto a la clasificación de aguas para riego según su salinidad, los valores registrados de conductividad y



sólidos disueltos totales en estos puntos de muestreo del sector Nicolasa clasifican como aguas que podrían tener efectos adversos en muchos cultivos y se necesitaría de un manejo cuidadoso.

#### **8. Análisis de resultados de acuerdo a la NCh 409 Agua Potable – Requisitos.**

De acuerdo a la Tabla N°7 es posible observar que las aguas de la red potable del plantel Stud (P2) no cumplen con los requisitos de la Norma Chilena NCh 409/1.Of.2005, "Requisitos del Agua potable", por cuanto exceden en un 265% en la concentración de Hierro. Dado estos resultados, estas aguas del sector Maintencillo, no serían aptas para la bebida de animales.

Con respecto a la Tabla N°8 es posible observar los puntos de muestreo, identificados como P6, P7 y P8 (red de agua potable de los planteles) no cumplen con los requisitos químicos especificados en dicha norma, por cuanto exceden en el parámetro Sulfatos.

El punto de muestreo P6 excede en un 0,13% para Sulfatos, el punto de muestreo P7 en un 0,13% y el punto de muestreo P8 en un 0,11%.

De acuerdo a estos resultados, estas aguas del sector Nicolasa, no serían aptas para el consumo animal.

#### **9. Resultados de la Pericias realizadas a las muestras de suelo.**

El día 29.OCT.012, la Profesional Karla **MUÑOZ CONCHA** procedió a extraer porciones de muestras de suelo, las cuales fueron secadas a 40°C por cuarenta y ocho horas. Posteriormente el día 05.NOV.012 durante la jornada laboral, el Profesional José **GÁRATE LAGOS** procedió a realizar la medición 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 y sedimentos". La Tabla N°9 muestra la concentración de elementos en S1 y S2 y además, el promedio de los puntos controles.

Cada muestra control de suelo fue medida en triplicado de manera de obtener un promedio de cada una. Finalmente, con



cada promedio de las tres muestras se obtuvo un promedio final para tener sólo un valor como punto control.

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

**Tabla N° 9:** Resultados de los análisis de las muestras de suelo, efectuados por la Sección Ecología y Medioambiente.

Parámetros	Puntos de muestreo (mg/kg peso seco)		
	S1	S2	Promedio puntos control
Fósforo (P)	5.331	2.223	2.901
Azufre (S)	5.381	1.120	572
Cloro (Cl)	36.125	5.267	ND
Potasio (K)	31.385	34.205	27.716
Calcio (Ca)	31.421	25.658	26.855
Titanio (Ti)	5.820	7.318	5.554
Vanadio (V)	97	120	124
Cromo (Cr)	51	75	63
Manganeso (Mn)	924	1.406	1.266
Hierro (Fe)	36.075	37.650	37.971
Cobalto (Co)	14.1	13	15
Cobre (Cu)	94	58	45
Zinc (Zn)	105	81	65
Arsénico (As)	9	5	8
Estroncio (Sr)	179	214	212
Zirconio (Zr)	148	187	201
Cadmio (Cd)	2	7	5
Antimonio (Sb)	6	ND	3
Wolframio (W)	5	14	6
Mercurio (Hg)	5	2	4
Plomo (Pb)	13	16	15
Bismuto (Bi)	4	ND	ND
Torio (Th)	15	9	13
Uranio (U)	1	1	2

## 10. Normativa aplicada para suelo.

Dado que el "Proyecto Agroindustrial del Valle Huasco" genera lodos activados, se aplicará el Decreto Supremo N°4, el cual regula la aplicación de lodos en suelos agropecuarios. Dicho decreto, permite a sanitarias y empresas con plantas de tratamiento usar lodos generados en plantas de aguas servidas para mejorar la calidad de la tierra, previa caracterización físico química de los lodos y también de los suelos a través de la medición de parámetros tales como pH, conductividad eléctrica y metales pesados, entre otros. Asimismo, se aplicará la normativa internacional atinente para cada elemento y de manera referencial los resultados obtenidos serán comparados con el decreto y con las diferentes normativas internacionales.

### 10.1 Consideraciones generales.

Los elementos traza son elementos que están normalmente presentes en bajas concentraciones relativas en suelos o plantas, los cuales pueden ser o no esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas, animales y el hombre. Existen dos categorías de elementos traza, los micronutrientes y metales pesados, los cuales no deben ser usados en sustitución de estos últimos ya que los micronutrientes son siempre elementos necesarios para el organismo, mientras que muchos elementos traza no lo son.

Respecto a los metales pesados, sólo se consideran aquellos cuyo peso atómico es mayor al del Hierro (55,8 g/mol), o con una densidad mayor que 5,0 g/cm<sup>3</sup> lo que excluiría a muchos elementos traza<sup>1</sup>.

Los elementos traza considerados como micronutrientes para las plantas y el medioambiente, cobran especial importancia dependiendo de su origen, este puede ser geogénica (origen natural) o antropogénica (resultado de las actividades industriales producidas por el hombre).

Las actividades humanas han ejercido un efecto considerable en la concentración y movilidad de los metales en suelos. Las causas de contaminación por elementos traza en suelos son diversas, tales como las actividades agrícolas, las actividades de minería y fundición, la generación de electricidad, actividades industriales y residuos domésticos, entre otros.

Para evaluar la contaminación por elementos traza en suelo no se puede considerar las cantidades totales presentes, ya que constituye una medida poco representativa de la posible toxicidad de un metal. Por lo tanto, es muy importante conocer la forma química en que se presenta la especie, ya que la disponibilidad y toxicidad de un elemento varía de acuerdo a su especie. En general, se considera que la movilidad de los metales es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes subsuperficiales en menores cantidades.

No obstante, de todo lo anteriormente expuesto, y teniendo en cuenta la gran variedad de suelos existentes, se deduce que para cada agente contaminante, un solo valor no puede representar

---

<sup>1</sup> Pierzynski GM, Sims JT, Vance GF. (1994) Soils and Environment Quality. Lewis pub. Boca Raton, Florida, 312 pp.



el nivel de toxicidad válido para todos los suelos, para todos los cultivos y para los distintos usos. Por lo tanto, la caracterización del suelo implica la obtención de una línea base, que represente un suelo no contaminado. Es evidente que el tipo de utilización del suelo le entrega distintos grados de peligrosidad para los posibles elementos tóxicos presentes en él.

#### 10.1.1 Cromo.

El Cromo puede presentarse bajo diferentes estados de oxidación en los suelos, sus formas más estables son  $\text{Cr}^{3+}$  y el  $\text{Cr}^{6+}$ , siendo el primero el más estable (McGrath, 1995). El  $\text{Cr}^{3+}$  es poco tóxico y es relativamente inmóvil, mientras que el  $\text{Cr}^{6+}$  es muy tóxico y de fácil movilidad en suelos porosos y con pH moderado a alto<sup>2</sup>, llegando a estar presente en el horizonte superficial de los suelos contaminados. El Cromo (IV) existe como anión, es un oxidante fuerte y tiene una marcada tendencia a reducirse (sobre todo en presencia de materia orgánica y de óxidos de Mn) en grandes concentraciones.

En la corteza terrestre se presenta con una composición media de 100 mg/Kg, siendo mucho más abundante en las rocas ígneas ultramáficas, como serpentinas (que puede llegar a 2980 mg/Kg) que en las rocas ígneas ácidas, y sedimentarias, como areniscas y calizas (11-35 mg/Kg). En los suelos los valores representativos pueden estar entre 80-20 mg/Kg, pero los contenidos van a variar mucho en función del material original del que proceda el suelo, por ejemplo los suelos desarrollados sobre serpentinas presentan rangos de 100-7000 mg/Kg<sup>3</sup>.

#### Cobre.

El Cobre es uno de los más importantes elementos para las plantas y los animales. El exceso de Cobre puede producir deficiencia de Zinc y viceversa. Las formas asimilables por las plantas son el  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  para los suelos ácidos y como  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  en los neutros y alcalinos. El Cu es fuertemente fijado en los suelos por tanto es un metal muy poco móvil y muy poco sensible a los cambios de pH<sup>4</sup>. La materia orgánica y los óxidos de Hierro y Manganeseo son los parámetros más importantes para la adsorción del Cobre y los ácidos húmicos, los cuales se unen fuertemente al  $\text{Cu}^{2+}$  formando quelatos solubles.

<sup>2</sup> Baize D. (1997). Teneur totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). INRA editions. Paris. Francia.

<sup>3</sup> McGrath Sp. (1995). En: Heavy Metals in Soils. Alloway Bj (ed). Capítulo 7. Blackie Academic and Profesional. Londres.

<sup>4</sup> Prueb A. (1997). Action values for mobile ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extractable) trace elements in soils based on the German national standard DIN 19730. 415-423. En Prost R. (ed). Contaminated Soils. INRA editions. Paris



En los suelos podemos encontrar el Cobre como: iones solubles, complejos inorgánicos solubles, complejos orgánicos solubles, formando complejos orgánicos estables, adsorbidos por los óxidos de Manganese, Hierro y Aluminio, por materia orgánica y por las arcillas además formando parte de las estructuras de los minerales. En general el Cobre se encuentra unido al complejo de cambio más que formando minerales. Los suelos con altos contenidos en materia orgánica toleran altas concentraciones de Cobre.

En la corteza terrestre se presenta con una concentración media de 45-50 mg/Kg<sup>5,6</sup>. En cuanto a las rocas, como ocurre con muchos de los metales pesados, los contenidos más bajos se presentan en las rocas ígneas ácidas y en las sedimentarias tipo calizas y areniscas, con valores desde los 5,5 mg/Kg de las calizas, hasta los 30 mg/Kg. En los contenidos de las rocas ígneas básicas, como los asaltos, los valores se suben hasta los 90 mg/Kg de media<sup>7</sup>.

### **Zinc.**

La forma soluble del Zinc en soluciones de suelos es el  $Zn^{2+}$ . Parte de él puede ser absorbido por las arcillas, la materia orgánica y los hidróxidos de Hierro y Aluminio. Comparado con su concentración total en los suelos su solubilidad en la solución del suelo es muy baja ( $3 \times 10^{-8}$  a  $3 \times 10^{-6}$  M). La solubilidad de los distintos compuestos de Zinc es muy diferente y depende de las concentraciones de  $SO_4$ ,  $CO_2$ ,  $H_4SiO_4$ ,  $Fe^{3+}$  y fosfatos. Cuando la solución se satura precipita con los hidróxidos, carbonatos, fosfatos, sulfuros, molibdatos y con otros aniones, pero en general la unión al complejo de cambio es más estable que cualquier compuesto mineral.

Su disponibilidad está fuertemente influenciada por el valor del pH del suelo. Es mucho más móvil en los suelos ácidos que los neutros y alcalinos. Su adsorción aumenta con la capacidad de cambio, con la arcilla y con la materia orgánica.

En la corteza terrestre se presenta con unos contenidos medios de 80 mg/Kg. Para las rocas ígneas presentan valores medios de 50-100 mg/Kg, para las arcilla de 120 mg/Kg y para las areniscas y calizas de 20-30 mg/Kg.

<sup>5</sup> Alloway BJ (ed)(1995). Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Profesional. Londres.

<sup>6</sup> Baize D. (1997). Op cit.

<sup>7</sup> Baker DE y Senft JP. (1995). Op cit.

### Arsénico.

El Arsénico es un elemento traza al que se le ha prestado mayor atención en estudios de contaminación, debido a su extrema toxicidad. Se presenta bajo una gran diversidad de compuestos con grado de toxicidad variables. Es un elemento esencial para el desarrollo de algunos organismos, incluyendo al hombre, a su vez promueve el crecimiento en ciertos animales. La concentración de Arsénico disuelto disminuye en condiciones reductoras. En medios oxidantes, el  $\text{AsO}_4^{3-}$  es un anión débilmente soluble con comportamiento de ácido débil que tiende a ser ligando de unión y formar sales insolubles<sup>8</sup>.

Altas concentraciones de Arsénico en el medioambiente se deben a la presencia de sulfuros y sulfoarseniuros, principalmente Arsenopirita. Las especies presentes en el suelo son  $\text{As}^{5+}$  y  $\text{As}^{3+}$ , este último es más tóxico que el primero. También el Arsénico sufre metilación por los microorganismos presentes en el suelo formando compuestos volátiles, como el  $\text{CH}_3\text{As}$ , constituyendo una importante vía de eliminación del Arsénico.

### Cadmio.

El Cadmio es un metal raro y poco abundante, en la corteza terrestre es el compuesto número 67 en abundancia. Se encuentra, normalmente combinado con otros elementos, tales como Oxígeno, Cloro o Azufre. Como el resto de compuestos que se encuentran en bajas proporciones, en cualquier ecosistema las reservas suelen ser muy bajas, y se ha demostrado que en estos casos, pequeñas variaciones pueden alterar el equilibrio de los ciclos biogeoquímicos de estos compuestos. A lo largo de diversos estudios se ha comprobado que la acción del hombre, a través de la actividad industrial, ha colapsado estos ciclos, y ello ha producido que parte del exceso de Cadmio haya llegado a los alimentos, a la cadena alimentaria y, por tanto, al hombre.

Se puede encontrar en la naturaleza asociado a Zinc y Plomo. Su mayor concentración se presenta cerca de las minas o explotaciones de estos dos metales. Por ello, la contaminación medioambiental por este metal aparece al explotar dichas minas.

### Mercurio.

Las formas de Mercurio en suelos son  $\text{Hg}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  y  $\text{Hg}_2^{+2}$ , dependiendo de las condiciones de oxidación y reducción, siendo las dos primeras las especies más frecuentes. Su forma de presentación está

<sup>8</sup> Bohn HI, McNeal BL y O'Connor GA (1985). Soil Chemistry. Wiley interscience, Wiley, Nueva York.



regulada por las condiciones de pH, concentración de cloruros y la actividad microbiana. Debido a su tendencia a formar complejos el  $\text{Hg}^{2+}$  ocurre muy raramente como ión en los suelos. A pH ácido la forma más estable son los complejos de  $\text{HgCl}_2$ . Por encima de pH 7, es el  $\text{Hg}(\text{OH})_2$  la forma más estable. En la formación de complejos la materia orgánica juega un importante papel. Su disponibilidad no está influenciada por el pH.

El Mercurio también tiene tendencia a unirse al Sulfuro ( $\text{S}^{2-}$ ). En condiciones fuertemente reductoras, el Mercurio es estable en presencia de  $\text{H}_2\text{S}$  o  $\text{HS}^-$ , pero al aumentar el potencial redox se produce la precipitación de  $\text{HgS}$  (Sulfuro de Mercurio).

En los suelos, el Mercurio normalmente está inmovilizado, adsorbido o unido a la fracción mineral y a la orgánica, quedando solo una muy pequeña parte disuelto. También presenta una determinada tendencia a volatilizarse. La metilación de metales inorgánicos por bacterias, es un fenómeno geoquímico relativamente importante que puede afectar a elementos traza como, Mercurio, Arsénico y Estaño. La metilación del Mercurio ( $\text{CH}_3\text{Hg}$ ) es un compuesto mucho más tóxico que el Mercurio. Los contenidos medios de Mercurio de la corteza terrestre oscilan alrededor de los 0.05 mg/Kg. Sus contenidos son muy bajos en las rocas ígneas (0.004-0.08 mg/Kg) y más altos en las sedimentarias, como las areniscas y también en las pizarras (0.3 mg/Kg).

#### **Plomo.**

El Plomo se presenta en suelos bajo las formas de  $\text{Pb}^{+2}$  y  $\text{Pb}^{+4}$ , especialmente el primero. Su biodisponibilidad está fuertemente condicionada por el pH del suelo. Su movilidad se va volviendo cada vez más alta, de acuerdo a la disminución del pH, siendo especialmente móvil para pH extremadamente ácidos<sup>9</sup>. Los compuestos de Hierro, Manganeso y Aluminio presentan una fuerte afinidad para adsorber el Plomo. Con la materia orgánica forma complejos más estables a pH altos. Los quelatos de Plomo solubles representan un alto porcentaje entre las especies solubles de Plomo. Tiene una fuerte tendencia a unirse a los fosfatos para formar compuestos insolubles como el  $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ,  $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$  y  $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ <sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Prueb A. (1997). Op cit.

<sup>10</sup> Alloway BJ (ed)(1995). Op cit.



# **11. Estudio comparativo de los resultados obtenidos en las muestras de suelo, respecto a la normativa nacional e internacional.**

Dado que en el Informe Pericial Medioambiental (R) N° 10 de fecha 03.AGO.012 se estableció que el sector posterior a la planta de tratamiento de efluentes era utilizado para disposición final de purín crudo y riego con efluente tratado, se utilizará de manera referencial para el presente análisis, el cuerpo normativo vigente para suelo receptor de "lodos estabilizados" en donde se caracteriza elementalmente este suelo. Además, debido a que la información recopilada durante la Inspección Ocular da cuenta del posible uso del suelo para plantación arbórea y considerando que la empresa Agrosuper se emplaza en un área agrícola, se procederá a establecer los valores referenciales para suelo de áreas agrícolas correspondientes a este lugar, los cuales son el resultado de la concentración obtenida de los puntos controles. La Tabla N°10 resume lo anteriormente expuesto.

**Tabla N°10. Selección de normas de referencia para elementos químicos en suelos cuyo uso sea agrícola.**

Elementos (mg/Kg)	S1	S2	Promedio punto control	Desviación estándar	Normativa Seleccionada para Área agrícola en la empresa Agrosuper
Arsénico	9	5	8	2	12 mg/Kg (Canadá)
Cromo	51	75	63	12	64 mg/Kg (Canadá)
Zinc	105	81	65	20	67 mg/Kg (Alemania)
Cobre	94	58	45	25	63 mg/Kg (Canadá)
Mercurio	5	2	4	2	10 mg/Kg (Holanda)
Plomo	13	16	15	2	36 mg/Kg (Alemania)

Se realizó un estudio comparativo de los resultados obtenidos de los análisis realizados en las muestras de suelo colectadas en los puntos de muestreo respecto a lo indicado en el Decreto Supremo N° 4 "Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de aguas servidas" y normativas internacionales. Para dicha comparación se escogieron elementos traza, los cuales, en suelos, los más abundantes son el Cromo (Cr), Zinc (Zn) y Plomo (Pb), en menores concentraciones son el Cobre (Cu) y Arsénico (As) y con mínimos porcentajes el Cadmio (Cd) y Mercurio (Hg)<sup>11</sup> (Tabla N°11).

<sup>11</sup> Bowen, HIM. (1979). Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press, Londres.

**Tabla N° 11:** Resultados del análisis de muestras sólidas comparado con el Decreto Supremo N° 4 (MINSEGPRES) y normativas internacionales.

Parámetro	S1 (mg/Kg)	S2 (mg/Kg)	Promedio puntos control (mg/Kg)	D.S. N° 4 Suelo receptor (mg/Kg)	Normativas internacionales
Fosforo (P)	5.331	2.223	2.901	N.A.	N.A
Azufre (S)	5.381	1.120	572	N.A.	N.A
Cloro (Cl)	36.125	5.267	ND	N.A.	N.A
Potasio (K)	31.385	34.205	27.716	N.A.	N.A
Calcio (Ca)	31.421	25.658	26.855	N.A.	N.A
Titanio (Ti)	5.820	7.318	5.554	N.A.	N.A
Vanadio (V)	97	120	124	N.A.	N.A
Cromo (Cr)	51	75	63	N.A.	64 (Canadá)
Manganeso (Mn)	924	1.406	1.266	N.A.	N.A
Hierro (Fe)	36.075	37.650	37.971	N.A.	N.A
Cobalto (Co)	14.1	13	15	N.A.	N.A
Cobre (Cu)	94	58	45	100 – 150	63 (Canadá)
Zinc (Zn)	105	81	65	120 – 175	67 (Alemania)
Arsénico (As)	9	5	8	12.5 – 20.0	12 (Canadá)
Rubidio (Rb)	82	85	77	N.A.	N.A
Estroncio (Sr)	179	214	212	N.A.	N.A
Zirconio (Zr)	148	187	201	N.A.	N.A
Cadmio (Cd)	2	7	5	1.25 – 2.00	N.A
Antimonio (Sb)	6	ND	3	N.A.	N.A
Wolframio (W)	5	14	6	N.A.	N.A
Mercurio (Hg)	5	2	4	1.0 – 1.5	10 (Holanda)
Plomo (Pb)	13	16	15	50 – 75	36 (Alemania)
Bismuto (Bi)	4	ND	ND	N.A.	N.A
Torio (Th)	15	9	13	N.A.	N.A
Uranio (U)	1	1	2	N.A.	N.A

N.D : No Detectado. N.A : No Aplica. mg/Kg: miligramo por kilo.

## 12. Análisis de los resultados obtenidos de las muestras de suelo, respecto al Decreto Supremo N° 4 y normativas internacionales.

### Cromo.

De acuerdo a la Tabla N° 11, es posible desprender que el punto de muestreo S2 presentó mayor concentración de este elemento respecto a S1, la cual excede en un 17% en la concentración de Cromo respecto a la norma de referencia. Sin embargo, ambos puntos de muestreo presentaron concentraciones de este elemento que se encuentran dentro del rango observado en los puntos controles, por lo que estas concentraciones podrían ser parte de una condición natural.

### Cobre.

Este analito se observó, en el punto de muestreo S1 con concentraciones que superan en un 49% el límite establecido por la normativa internacional de Canadá para suelo agrícola. Sin embargo, al comparar estos valores con el Decreto Supremo N° 4, este punto de muestreo no excedería el límite establecido (Tabla N°11). El punto de muestreo S2 estaría dentro de las concentraciones que se esperarían encontrar dentro de un suelo en condiciones naturales.



**Zinc.**

Los puntos de muestreo S1 y S2 presentaron concentraciones que superan el límite establecido por la normativa internacional de Alemania para suelo agrícola en un 57% para S1 y un 20% para S2. Sin embargo, al comparar estos valores con el Decreto Supremo N° 4, estos puntos de muestreo no excederían el límite establecido (Tabla N°11). Asimismo, se observa que el punto de muestreo S2 presentó concentraciones que están dentro de lo que se esperaría encontrar en el suelo con condiciones naturales.

**Arsénico.**

Este analito presentó concentraciones en los puntos de muestreo S1 y S2 que están dentro de los límites establecidos por el Decreto Supremo N° 4 y la normativa internacional de Canadá para suelo agrícola, por lo que no existe contaminación por este elemento (Tabla N°11).

**Cadmio.**

Para este elemento, se observó que el punto de muestreo S1 presentó concentraciones que no superan el límite establecido por el Decreto Supremo N° 4 para suelo receptor (Tabla N°11). El punto de muestreo S2 superó los límites establecidos para dicho decreto. Sin embargo, esta concentración se observa dentro del rango para el promedio de los puntos controles, por lo que no se verifica contaminación por este elemento.

**Mercurio.**

Para este elemento, se observó que todos los puntos de muestreo presentaron concentraciones que superan el límite establecido por el Decreto Supremo N° 4 para suelo receptor. Sin embargo, al comparar estos valores con la normativa internacional de Holanda para suelo agrícola, estos puntos de muestreo no excederían el límite máximo (Tabla N°11). Para los puntos de muestreo S1 y S2 se observaron concentraciones que están dentro del rango considerado natural, por lo que no existe contaminación por Mercurio.

**Plomo.**

Este analito presentó concentraciones en los puntos de muestreo S1 y S2 que están dentro de los límites establecidos por el Decreto Supremo N° 4 y la normativa internacional de Alemania para suelo agrícola. Además, estos puntos de muestreo se observaron dentro del rango



para el promedio de los puntos controles, por lo que no existe contaminación por este analito (Tabla N°11).

### **III.- CONCLUSIONES.**

#### **NCh 1333- Riego.**

##### **Sector Maintencillo.**

1.- Las aguas contenidas en el canal de regadío Quebrada Honda (P4) no cumplen con los requisitos de la Norma Chilena NCh 1333, aguas para riego, por cuanto exceden en un 8% en la concentración de Aluminio.

2.- Los puntos de muestreo P4 (canal Quebrada Honda) y P5 (tranque de tratamiento Longomilla) presentaron aguas que clasifican según su conductividad y sólidos disueltos totales como aguas que no presentarían efectos perjudiciales para vegetales, por lo que las aguas contenidas, serían recomendables para su uso en riego de cultivos.

##### **Sector Nicolasa.**

3.- Los puntos de muestreo P9 (tranque tratamiento Nicolasa) y P10 (canal Nicolasa) no cumplen con los requisitos químicos especificados en dicha norma, por cuanto exceden para Cloruros y Sulfatos, por lo tanto, estas aguas no pueden ser utilizadas para riego.

4.- Los puntos de muestreo P9 y P10 del sector Nicolasa clasifican, según su conductividad y sólidos disueltos totales como aguas que podrían tener efectos adversos en muchos cultivos y se necesitaría de un manejo cuidadoso.

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

##### **Sector Maintencillo.**

5.- Las aguas de la red potable del plantel Stud (P2) no cumplen con los requisitos de la Norma Chilena NCh 409/1.Of.2005, "Requisitos del Agua potable", por cuanto exceden en la concentración de Hierro, por lo que estas aguas no serían recomendables para la bebida de animales.

**Sector Nicolasa.**

6.- Los puntos de muestreo, identificados como P6, P7 y P8 (red de agua potable de los planteles), no cumplen con los requisitos químicos especificados en dicha norma, ya que exceden en el parámetro Sulfatos.

7.- En este contexto, las aguas analizadas en el sector de Nicolasa, en los puntos de muestreo antes mencionados, no cumplen con los requisitos de la norma de agua potable, por lo que no serían aptas para su consumo.

8.- De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de agua para consumo animal en los planteles correspondientes a P2, P6, P7 y P8, se tiene que este recurso hídrico no cumple con los requisitos establecidos en la Norma Chilena 409/1.Of.2005, debido a que en los puntos muestreados, las concentraciones de Hierro y Sulfatos sobrepasaron dicha norma. Dado lo anterior, implica que el sistema de potabilización no está funcionando correctamente, por lo que la salud de personas y animales que consuman esta agua, se podrían ver afectadas directamente.

9.- El punto de muestreo P8 (Arenilla), ubicado en el sector de Nicolasa, el cual corresponde al mismo punto de muestreo identificado como P3 durante la Inspección Ocular del día 24.MAY.012, presenta una variación en las concentraciones de los elementos de Mercurio y Sulfatos, lo que implicaría que la fuente de agua utilizada durante la primera Inspección Ocular, no sería la misma observada durante la segunda Inspección Ocular, realizada el día 17.OCT.012. Esto, se podría explicar debido a que durante la primera Inspección Ocular se informó que se utilizaba agua subterránea para administrar a los planteles para consumo animal; a diferencia de la segunda Inspección Ocular, en donde se observó que se utilizaba agua superficial para dicho uso.

**Suelo.**

10.- El punto de muestreo S1 presentó concentraciones de Cobre que superan en un 49% el límite establecido por la normativa internacional de Canadá. Sin embargo, al comparar estos valores con el Decreto Supremo N° 4, este punto de muestreo no excedería el límite establecido, dado que presentó concentraciones de este elemento que se



encuentran dentro del rango observado en los puntos controles, por lo que estas concentraciones podrían ser parte de una condición natural.

11.- El punto de muestreo S2 estaría dentro de las concentraciones de Cobre que se esperarían encontrar dentro de un suelo en condiciones naturales.


12.- Los puntos de muestreo S1 y S2 presentaron concentraciones de Zinc que superan el límite establecido por la normativa internacional de Alemania en un 57% para S1 y un 20% para S2. Sin embargo, al comparar estos valores con el Decreto Supremo N° 4, estos puntos de muestreo no excederían el límite establecido, por lo que se trataría de una condición natural.

13.- De la Tabla N°11 se desprende que de haber utilizado los terrenos analizados en S1 y S2 para disponer lodos estabilizados, no se aprecia un efecto contaminante severo en el suelo receptor, considerando que al comparar los resultados con la norma nacional y con la norma internacional de referencia, se observa que se cumple en algunos casos, ambas o de manera particular una de ellas, y en el caso de que ninguna se cumpla, la concentración de los analitos que sobrepasan, estas normas presentan concentraciones que están dentro del rango establecidos como naturales.

14.- Los resultados expuestos en este peritaje representan sólo la calidad del agua y del suelo en el momento y lugar donde fueron levantados, por lo que no representan condiciones de otro momento.

Saluda atte. a US.

  
**JOSÉ GARATE LAGOS**  
 Perito Ecólogo  
 Sección Ecología y Medio Ambiente

  
**KARLA MUÑOZ CONCHA**  
 Profesional  
 Sección Ecología y Medio Ambiente

KMC/ JGL/kmc

Distribución:

- Fiscalía Local de Freirina. (1)

- BIDEMA Metropolitana. (1)

- Arch. Lacrim. (1)

L: 10382

E: 161

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