

ARMADA DE CHILE
COMANDANCIA EN JEFE Va ZONA NAVAL
GOBERNACIÓN MARÍTIMA DE PUERTO MONTT



INFORME TÉCNICO

NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL LAGO LLANQUIHUE.

DIVISIÓN MEDIO AMBIENTE ACUÁTICO Y COMBATE A LA CONTAMINACIÓN
DEPARTAMENTO DE INTERESES MARÍTIMOS
GOBERNACIÓN MARÍTIMA DE PUERTO MONTT

PUERTO MONTT, 31 DE MARZO 2017.



Informe preparado por:

Marcela Henríquez Brunet
Encargada Medio Ambiente y Combate a la contaminación
Gobernación Marítima de Puerto Montt

Jaime Saravia Vásquez
Encargado Medio Ambiente y Combate a la contaminación
Gobernación Marítima de Puerto Montt

En base a los antecedentes técnicos remitidos por:

Carolina Valdebenito Jamett
Encargada P.O.A.L.
Departamento de Preservación del Medio Ambiente Acuático
DIRINMAR



1. ANTECEDENTES

1.1. Antecedentes Generales:

- a) Identificación de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada:** Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue.
- b) Región:** X Región de Los Lagos.
- c) Ubicación de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada:** Provincia Llanquihue, Comunas: Puerto Varas, Llanquihue y Puerto Octay.
- d) Organismo encargado de monitoreo:** DIRECTEMAR y DGA

1.2. Introducción

El programa de vigilancia del lago Llanquihue se realiza en conjunto con la Dirección General de Aguas (DGA) y DIRECTEMAR, en el marco del D.S. (MINSEGPRES) N° 122 del 17 de noviembre de 2009, que establece la citada norma de calidad ambiental y cuyo programa de vigilancia (Resolución Exenta DGA N° 1207, 2012) constituye un instrumento para diagnosticar la calidad del agua del Lago Llanquihue en forma periódica y permanente, permitiendo con ello velar por la mantención de la calidad del agua del lago, a través de un enfoque de gestión preventiva.

Considerando que el lago Llanquihue ha sido catalogado como un lago monomítico de invierno (1 mezcla por año) se requiere hacer como mínimo dos campañas de monitoreo por año, para evaluar el comportamiento del lago tanto en período de estratificación como en período de mezcla. El presente informe corresponde al monitoreo en periodo de estratificación.



La campaña estival año 2017, se realizó entre los días 13 y 15 de marzo y cuyo muestreo fue ejecutado por profesionales de DIRECTEMAR y la Dirección General de Aguas:

- | | |
|------------------------|--------------------------------------|
| - Marcela Henríquez | Gobernación Marítima de Puerto Montt |
| - Jaime Saravia | Gobernación Marítima de Puerto Montt |
| - Carolina Valdebenito | DIRINMAR |
| - Cristian Vega | DGA |
| - Marysol Azcar | DGA |

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de vigilancia

Las estaciones, profundidades (Tabla 1) y parámetros a monitorear por áreas de vigilancia, tanto de la red oficial como la red de observación, son las comprendidas en el Programa de Vigilancia, y las consideradas por DIRECTEMAR.

TABLA 1. COORDENADAS ESTACIONES DE MONITOREO.

ESTACIÓN	COORDENADA NORTE	COORDENADA ESTE	PROFUNDIDAD (m)
LI-F (Frutillar)	5444371	671991	0-15-30-50-80-100
LI-O (Puerto Octay)	5457120	680704	0-15-30-50-80-100
LI-V (Puerto Varas)	5429534	673039	0-15-30-50-80-100
LI-E (Ensenada)	5436632	701758	0-15-30-50-80-100
LI-Z MAX (Zona Máxima)	5457120	680704	0-15-30-50-80-100

Nota: Z Máx corresponde al punto de máxima profundidad del lago. Este lugar no está incluido como punto de monitoreo del Plan de Vigilancia de la Norma y se realiza como

estación de observación, en la medida que los recursos y condiciones climáticas lo permitan.

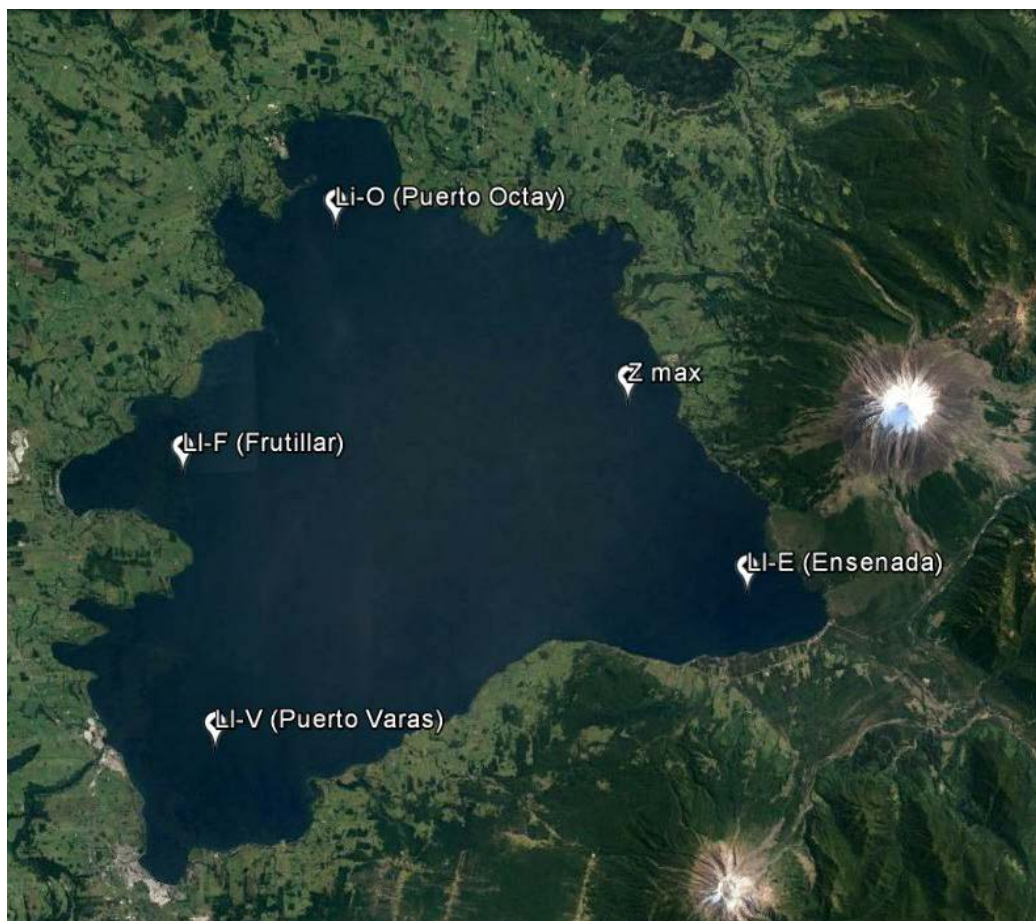


Figura 1.- Área de vigilancia establecida en la Norma Secundaria de Calidad para el lago Llanquihue.

Tal como se señaló, el plan de monitoreo en el marco de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental, abarca diferentes parámetros que se analizarán tanto en la matriz acuosa (6 profundidades) y en la sedimentaria, los cuales son distribuidos entre DIRECTEMAR y la DGS. Las muestras obtenidas fueron analizadas por el laboratorio SGS Chile Ltda.

2.2. Parámetros a monitorear

Los parámetros comprometidos a realizar por DIRECTEMAR, junto con la metodología analítica y los límites de detección son los siguientes:

TABLA 2. PARÁMETROS A MONITOREAR POR DIRECTEMAR.

MATRIZ ACUOSA			
PARÁMETRO	PROFUNDIDAD (m)	METODOLOGÍA	LÍMITE DE DETECCIÓN (mg/L)
Hidrocarburos Totales (H.T.)	0	SM 5520 F Ed., 2012, NCh 2313-7	0.5
Sílice Reactiva	0, 15, 30, 50, 80, 100	SM 4500- SiO ₂ C Ed. 22, 2012	5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	0, 15, 30, 50, 80, 100	SM 5220 D Ed. 22, 2012	2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	0, 15, 30, 50, 80, 100	SM 5220 B Ed. 22, 2012	2
MATRIZ SEDIMENTARIA			
Materia Orgánica Total (MOT)	-----	Subsecretaría de Pesca Res. Ex. N° 3612. Pérdida por Calcinación	0.1
Nitrógeno Total (NT)	-----	I-ENV-LAB-258 basado en SM 4500-NO ₂ B, 4500-NH ₃ D, 4500-Norg Ed. 22, 2012.	20
Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)	-----	I-ENV-LAB-258 basado en método de análisis de suelos INIA, SM 4500-NH ₃ D, Ed. 22, 2012.	12.5
Carbono Orgánico Total (COT)	-----	I-ENV-LAB-323 basado en EPA 9060 A.	0.00002
Ganulometría	-----	Subsecretaría de Pesca Res. Ex. N° 3612 de acuerdo a DS 320, 2001. Escala Wentworth	-----



2.3. Materiales

a) Muestras de agua

Para las muestras de agua, se empleó el siguiente material:

- i) 1 Botella tipo Niskin de 10 Litros de capacidad con sus respectivos pesos y mensajeros más cabo de 100 m, por otra parte se utilizó una unidad marítima, defender, de la Capitanía de Puerto Montt, como plataforma de muestreo.

- ii) Las muestras de aguas fueron contenidas en los siguientes envases:
 - Botella de plástico 1L sin preservante (DBO5).
 - Botella de plástico de 1L, sin preservante (Sílice reactiva).
 - Botella de plástico de 1L, preservada a pH < 2, con H₂SO₄ de 99% de pureza (DQO).
 - Botella de vidrio boca ancha de 1L, preservadas a pH<2 con HCl de 99% de pureza (Hidrocarburos Fijos).
 - Botella de vidrio color ámbar de 200 ml, sin preservante (Hidrocarburos volátiles).

b) Muestras de sedimentos

Para las muestras de sedimentos, se empleó el siguiente material:

- 6 tubos corer para la toma de muestra mediante buceo.
- 1 frasco de vidrio transparente de 500 gr de capacidad (sin preservante), para almacenamiento de muestra.
- 1 frasco de vidrio transparente de 1 Kg de capacidad (sin preservante), para almacenamiento de muestra.
- Para las muestras de sedimento, se contempla realizar los análisis establecidos en el Programa de Vigilancia del Lago: Granulometría, %



Materia Orgánica, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Carbono Orgánico Total. Además, se realizó la toma de muestras para análisis del Nitrógeno Total Kjeldahl que no está incluido en el Programa.

Todas las muestras de agua fueron almacenadas en Caja de Plumavit con gelpack en su interior, y entregados a personal del Laboratorio SGS, junto a correspondientes cartas custodia.

c) Equipamiento provisto por la DGA:

El equipamiento provisto por la DGA fue:

- Disco secchi,
- Botella Van Dorm de 8 litros,
- Multisonda HIDROLAB DS5 X,
- Altímetro,
- Anemómetro digital,
- Higrómetro,
- GPS 128 (Garmin).

3. RESULTADOS

3.1. Mediciones en terrenos

a) Matriz acuosa

Las muestras de aguas fueron tomadas entre los días 13 y 15 de marzo, en conjunto con la DGA quien apoyó con las mediciones *in situ*.

Las siguientes tablas entregan los datos medidos *in situ* en las distintas estaciones consideradas en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para el Lago Llanquihue.

TABLA 3. DATOS DE TERRENO PARA EL ÁREA DE VIGILANCIA PUERTO OCTAY.

Nombre estación: LI-O (Puerto Octay)						
Coordenadas Geográficas	5457120 N; 680704 E					
Fecha/Hora de monitoreo:	14 de Marzo de 2017 / 14:35					
T° ambiente (°C):	21					
Humedad relativa (%):	64.6					
Presión atmosférica (milibar):	1009					
Velocidad viento (m/s):	0.4					
Oleaje:	Calma					
Nubosidad:	8/8 nublado					
Profundidad máxima (m):	-					
Disco secchi (m):	17.5					
Parámetros <i>in situ</i> Sonda HIDROLAB DS5 X	Profundidades					
	superficial	15 m	30 m	50 m	80 m	100 m
Hora muestreo	15:16	15:09	15:02	14:52	14:44	14:35
T° agua (°C)	18.11	17.55	17.51	13.99	11.57	11.22
Conductividad (uS/cm)	89.1	88.8	88.5	88.2	87.8	88.1
pH	7.90	7.86	7.83	7.53	7.19	7.15
O ₂ (mg/l)	9.69	9.68	9.68	10.41	10.37	10.29
Saturación de O ₂ (%)	102.8	101.6	101.5	101.4	95.7	94.0
Turbiedad (NTU)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

TABLA 4. DATOS DE TERRENO PARA EL ÁREA DE VIGILANCIA ZONA MÁXIMA.

Nombre estación: LI-Z MAX (Zona máxima)	
Coordenadas Geográficas	5457120 N; 680704 E
Fecha/Hora de monitoreo:	13 de Marzo de 2017 / 13:35
T° ambiente (°C):	23.2
Humedad relativa (%):	58.9
Presión atmosférica (milibar):	1009
Velocidad viento (m/s):	3.3
Oleaje:	Calmado
Nubosidad:	0/8 despejado
Profundidad de la estación (m):	300
Disco secchi (m):	18

Parámetros <i>in situ</i> Sonda HIDROLAB DS5 X	Profundidades					
	superficial	15 m	30 m	50 m	80 m	100 m
Hora muestreo	14:25	14:20	14:10	14:05	13:50	13:35
T° agua (°C)	18.06	17.55	17.43	13.80	11.57	11.23
Conductividad (uS/cm)	89.1	89.6	89.7	89.9	89.9	90.1
pH	7.10	7.15	7.23	7.38	7.40	7.38
O ₂ (mg/l)	9.90	10.03	10.10	10.58	10.89	10.87
Saturación de O ₂ (%)	104.8	105.1	105.4	102.4	100.1	99.1
Turbiedad (NTU)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

TABLA 5. DATOS DE TERRENO PARA EL ÁREA DE VIGILANCIA ENSENADA.

Nombre estación: LI-E (Ensenada)						
Coordenadas Geográficas:	5436632N; 701758E					
Fecha de monitoreo:	13 de Marzo de 2017 / 14:58					
T° ambiente (°C):	22.6					
Humedad relativa (%):	64.0					
Presión atmosférica (milibar):	1008					
Velocidad viento (m/s):	5.0					
Oleaje:	Calma a rizada					
Nubosidad:	1/8					
Profundidad máxima (m):	150.0					
Disco secchi (m):	13.5					
Parámetros <i>in situ</i> Sonda multiparámetro YSI	Profundidades					
	superficial	15 m	30 m	50 m	80 m	100 m
Hora muestreo	15:50	15:40	15:35	15:24	15:10	14:58
T° agua (°C)	17.90	17.44	17.39	13.52	11.56	11.23
Conductividad (uS/cm)	89.3	89.9	89.9	91.0	90.1	90.3
pH	7.70	7.66	7.74	7.75	7.67	7.61
O ₂ (mg/l)	9.77	10.01	10.03	10.52	10.81	10.76
Saturación de O ₂ (%)	103.1	104.6	104.6	101.2	99.4	98.1
Turbiedad (NTU)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

TABLA 6. DATOS DE TERRENO PARA EL ÁREA DE VIGILANCIA FRUTILLAR.

Nombre estación: LI-F (Frutillar)	
Coordenadas Geográficas:	5444371 N; 671991 E
Fecha / Hora de monitoreo:	15 de Marzo de 2017 / 10:46

T° ambiente (°C):	17.8					
Humedad relativa (%):	63.5					
Presión atmosférica (milibar):	1009					
Velocidad viento (m/s):	5.0					
Oleaje:	Rizado					
Nubosidad:	6/8 nublado					
Profundidad máxima (m):	-					
Disco secchi (m):	17.0					
Parámetros <i>in situ</i> Sonda HIDROLAB DS5 X	Profundidades					
	superficial	15 m	30 m	50 m	80 m	100 m
Hora muestreo	11:48	11:38	11:28	11:18	11:03	10:46
T° agua (°C)	17.51	17.50	17.49	15.56	11.49	11.23
Conductividad (uS/cm)	89.9	88.5	88.5	88.2	88.1	88.1
pH	7.87	7.81	7.72	7.44	7.19	7.09
O ₂ (mg/l)	9.95	9.61	9.65	10.39	10.32	10.16
Saturación de O ₂ (%)	104.5	101.1	101.1	99.2	94.6	92.8
Turbiedad (NTU)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

TABLA 7. DATOS DE TERRENO PARA EL ÁREA DE VIGILANCIA PUERTO VARAS.

Nombre estación: LI-V (Puerto Varas)						
Coordenadas Geográficas:	5429534 N; 673039 E					
Fecha / Hora de monitoreo:	14 de Marzo de 2017 / 10:35					
T° ambiente (°C):	13.8					
Humedad relativa (%):	84.5					
Presión atmosférica (milibar):	1009					
Velocidad viento (m/s):	0.8					
Oleaje:	Calma					
Nubosidad:	8/8 nublado					
Profundidad máxima (m):	110.0					
Disco secchi (m):	17.5					
Parámetros <i>in situ</i> Sonda HIDROLAB DS5 X	Profundidades					
	superficial	15 m	30 m	50 m	80 m	100 m
Hora muestreo	11:20	11:14	11:08	11:00	10:50	10:35
T° agua (°C)	17.70	17.65	17.23	12.31	11.36	11.18
Conductividad (uS/cm)	88.9	88.4	88.6	88.0	88.1	88.1
pH	7.78	7.79	7.67	7.35	7.09	6.98



O ₂ (mg/l)	9.68	9.69	9.75	10.49	10.31	10.20
Saturación de O ₂ (%)	101.8	102.0	101.1	98.1	94.7	93.2
Turbiedad (NTU)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

b) Matriz sedimentaria

Las estaciones de sedimentos, se tomaron en las coordenadas geográficas de la estación homóloga de agua, avanzando en línea recta hacia la costa para obtener una profundidad máxima de 15 m. Lo anterior, objeto optimizar los tiempos de buceo y evitar realizar descompresiones durante los periodos de trabajo.

Las mediciones de pH y Potencial Redox (ORP), se realizó midiendo directamente dentro de los 6 tubos corer. Las siguientes tablas entregan los datos *in situ* medidos en los días 14 y 15 de marzo.

TABLA 8. DATOS DE TERRENO PARA EL ÁREA DE VIGILANCIA PUERTO OCTAY.

Nombre estación: LI-O (Puerto Octay)		
Fecha de monitoreo:	14 de Marzo de 2017	
Coordenadas:	5457816.62N; 677928.16 E	
Hora muestreo:	14:15	
T° ambiente (°C):	18	
Oleaje:	Calma	
Nubosidad:	Nublado 4/8	
Disco secchi (m):	15	
Profundidad máxima (m):	15	
Observaciones	Muestras con algas y bivalvos vacíos	
Temperatura	pH	ORP
17.9	6.86	1.2
18	6.82	- 88
17.8	6.80	- 96.2
PROM: 17.9	PROM: 6.8	PROM: -92.1

TABLA 9. DATOS DE TERRENO PARA EL ÁREA DE VIGILANCIA FRUTILLAR.

Nombre estación: LI-F (Frutillar)		
Fecha de monitoreo:	14 de Marzo de 2017	
Coordenadas:	5443104.0609 N 666478.0140 E	
Hora muestreo:	11:25	
T° ambiente (°C):	14	
Oleaje:	Calma	
Nubosidad:	Nublado 8/8	
Disco secchi (m):	12	
Profundidad máxima (m):	10.1	
Observaciones	Muestras con bivalvos de agua dulce	
Temperatura	pH	ORP
17.8	7.05	150.1
17.8	7.21	149.7
17.8	7.09	149.3
PROM: 17.8	PROM: 7.1	PROM: 149.7

TABLA 10. DATOS DE TERRENO PARA EL ÁREA DE VIGILANCIA ENSENADA.

Nombre estación: LI-E (Ensenada)		
Fecha de monitoreo:	15 de Marzo de 2017	
Coordenadas:	5435180.74 N 704559.18 E	
Hora muestreo:	11:25	
T° ambiente (°C):	11	
Oleaje:	Calma	
Nubosidad:	Despejado	
Disco secchi (m):	15	
Profundidad máxima (m):	8.7	
Observaciones	Muestras con bivalvos de agua dulce	
Temperatura	pH	ORP
17.8	7.07	10.5
17.2	6.5	16.4
17.3	7.0	12
PROM: 17.4	PROM: 7.06	PROM: 13



TABLA 11. DATOS DE TERRENO PARA EL ÁREA DE VIGILANCIA PUERTO VARAS.

Nombre estación: LI-V (Puerto Varas)		
Fecha de monitoreo:	15 de Marzo de 2017	
Coordenadas:	673024.0188 E 5425231.0141 N	
Hora muestreo:	13:40	
T° ambiente (°C):	17.8	
Oleaje:	Rizado	
Nubosidad:	Despejado	
Disco secchi (m):	16	
Profundidad máxima (m):	10.1	
Observaciones	Muestras con bivalvos de agua dulce	
Temperatura	pH	ORP
16.6	7.06	80
16.6	7.58	46
16.9	7.25	190
PROM: 16.7	PROM: 7.30	PROM: +135

3.2. Resultados análisis de laboratorio

TABLA 12. RESULTADO ANÁLISIS QUÍMICO EN LA COLUMNA DE AGUA.¹

MATRIZ ACUÁTICA						
ESTACIÓN	UNIDAD	DBO ₅ A 20°C	DQO	HIDROCARBUROS FIJOS	HIDROCARBUROS TOTALES	SÍLICE REACTIVA
LI – Z MAX(0 M)	mg/L	<2	4	<5	<5	0.7
LI – Z MAX (15 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.1
LI – Z MAX (30 M)	mg/L	<2	3	--	--	1.1
LI – Z MAX (50 M)	mg/L	<2	4	--	--	0.9
LI – Z MAX (80 M)	mg/L	<2	4	--	--	0.9
LI – Z MAX (100 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.1
LI – E (0 M)	mg/L	<2	4	<5	<5	1.1
LI – E (15 M)	mg/L	<2	3	--	--	1.0
LI – E (30 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.2
LI – E (50 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.0
LI – E (80 M)	mg/L	<2	4	--	--	0.9
LI – E (100 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.2
LI – O (0 M)	mg/L	<2	4	<5	<5	1.1
LI – O (15 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.2
LI – O (30 M)	mg/L	<2	3	--	--	1.0
LI – O (50 M)	mg/L	<2	3	--	--	0.9
LI – O (80 M)	mg/L	<2	3	--	--	1.1
LI – O (100 M)	mg/L	<2	<2	--	--	1.2
LI – V (0 M)	mg/L	<2	3	<5	<5	1.2
LI – V (15 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.2
LI – V (30 M)	mg/L	<2	3	--	--	1.2
LI – V (50 M)	mg/L	<2	3	--	--	1.1
LI – V (80 M)	mg/L	<2	2	--	--	1.2
LI – V (100 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.3
LI – F (0 M)	mg/L	<2	4	<5	<5	1.1
LI – F (15 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.2
LI – F (30 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.3
LI – F (50 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.2
LI – F (80 M)	mg/L	<2	3	--	--	1.1
LI – F (100 M)	mg/L	<2	4	--	--	1.1

¹ INFORMES DE ANÁLISIS: ES17-13628, ES17-13594, ES17-13518, ES17-13514, ES17-13246, ES17-13244 ES17-13245

TABLA 13. RESULTADO ANÁLISIS QUÍMICO EN SEDIMENTOS.²

PARÁMETRO	UNIDADES	LI - O	LI - F	LI - E	LI - V
Carbono Orgánico Total	mg/Kg	23060	2620.0	<0.1	350.0
Materia Orgánica	%	7	1	<0.1	0.3
Nitrógeno Kjeldahl	mg/kg	2766.0	633.8	61.0	189.2
Fósforo Total	mg/kg	272.7	117.9	31.7	57.5

TABLA 14. RESULTADO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.³

% GRANULOMÉTRICO	LL - O	LL - F	LL - E	LL - V
% Fango	5.4	5.6	30.3	2.4
10 (2.0 mm) % retención	5.65	0.42	2.82	7.36
120 (0,125 mm) % retención	15.93	18.19	12.29	5.49
18 (1.0 mm) % retención	26.56	1.21	19.51	14.88
230 (0.063 mm) % retención	11.60	15.24	8.52	0.51
35 (0.5 mm) % retención	17.48	9.57	13.08	26.86
60 (0.25 mm) % retención	17.33	49.79	13.46	42.53

^{2 - 3} INFORMES DE ANÁLISIS: ES17-13630, ES17-13523.