

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DEPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
PROCESO N° 7749605

MINUTA DCPRH N° 18 /

MAT.: Propone y justifica la modificación del monitoreo de calidad de aguas realizado por la DGA en el lago Neltume.

SANTIAGO, 6 de Mayo de 2014

1. Objetivo	2
2. Justificación	2
3. Antecedentes	2
3.1 Cuenca Hidrográfica	2
3.2 Geomorfología	2
3.3 Clima.....	4
3.4 Características geométricas y tiempo de renovación	4
3.5 Uso de suelo.....	5
3.6 Estado trófico lago Neltume	5
4. Monitoreo del Lago Neltume	13
4.1 Objetivo del Monitoreo.....	13
4.2 Nuevo Monitoreo a Implementar	13
4.3 Metodologías analíticas, límites de detección y referencias.	14
5. Publicación y usos de los resultados	15
6. Conclusiones.....	16
7. Referencias.....	16
8. Anexos	17
Anexo 5: Metodologías de análisis para Clorofila y Transparencia	17
Clorofila “a”: “DGALGOCL1/2009: Método de Análisis Interno DGA. Clorofila a”	17
Trasparencia: “DGALGOTR1/2009: Método de análisis interno DGA. Trasparencia”	20

1. Objetivo

La presente minuta técnica tiene por objetivo proponer un muestreo de calidad de aguas realizado por la Dirección General de Aguas en el Lago Neltume, a fin de que este monitoreo atienda las necesidades de conocimiento del lago.

2. Justificación

Antecedentes de estudios en el lago Neltume dan cuenta del deterioro paulatino que ha tenido este lago, el cual no pertenece a la actual red de lagos de la DGA, por esta razón se hace imperante implementar un monitoreo en este lago, sobre todo en lo que respecta a la saturación de oxígeno del sistema.

Por otra parte, nuevas actividades se prevén en esta cuenca, uno de los más importantes es el Proyecto Hidroeléctrico Neltume, el cual en su presentación en el Sistema de Evaluación Ambiental describe: "La Central Hidroeléctrica Neltume se concibe como una central de pasada, de modo que no producirá alteraciones en los niveles naturales del lago Pirehueico. Por otro lado, la descarga de las aguas de la central al lago Neltume producirá un aumento variable en el nivel de éste, según sea el caudal de operación de la central".

3. Antecedentes

3.1 Cuenca Hidrográfica

El lago Neltume pertenece al sistema hídrico Valdivia y está situado en la región cordillerana andina. Sin embargo, su altitud alcanza sólo los 186 m con una gran área de drenaje. La ubicación del lago puede influir en sus condiciones físicas y químicas. El lago Neltume está situado a latitud 39° 47' S y longitud 71° 59' W, Pertenece a la comuna de Panguipulli, Provincia de Valdivia. Campos et al 1977 (Figura 1)

3.1 Geomorfología

El lago Neltume ocupa una cuenca profunda en la parte final de un largo valle cordillerano de origen terciario, de dirección norte-sur, remodelado por una excavación glaciaria y que confluye con una valle principal de dirección NW –SE y rodeadas de cerros sobre mil metros de altura. Se puede concluir que es un lago de origen glaciar por la forma de U de la cuenca, que presenta fuertes pendientes en ambos lados. Los extremos del lago presentan pendientes moderadas. El extremo Norte presenta un notable relleno con depósitos sedimentarios de tipo deltaico atribuibles a su afluente principal el río Cua-Cua. La moderada pendiente del extremo Sur podría interpretarse como una pérdida de la potencia excavadora del glaciar al confluir el glaciar principal

del Pirehueico o bien como la formación de una represa de conos de cenizas o lavas del volcán Mocho-Choshuenco de acuerdo a Laugénie (1971).

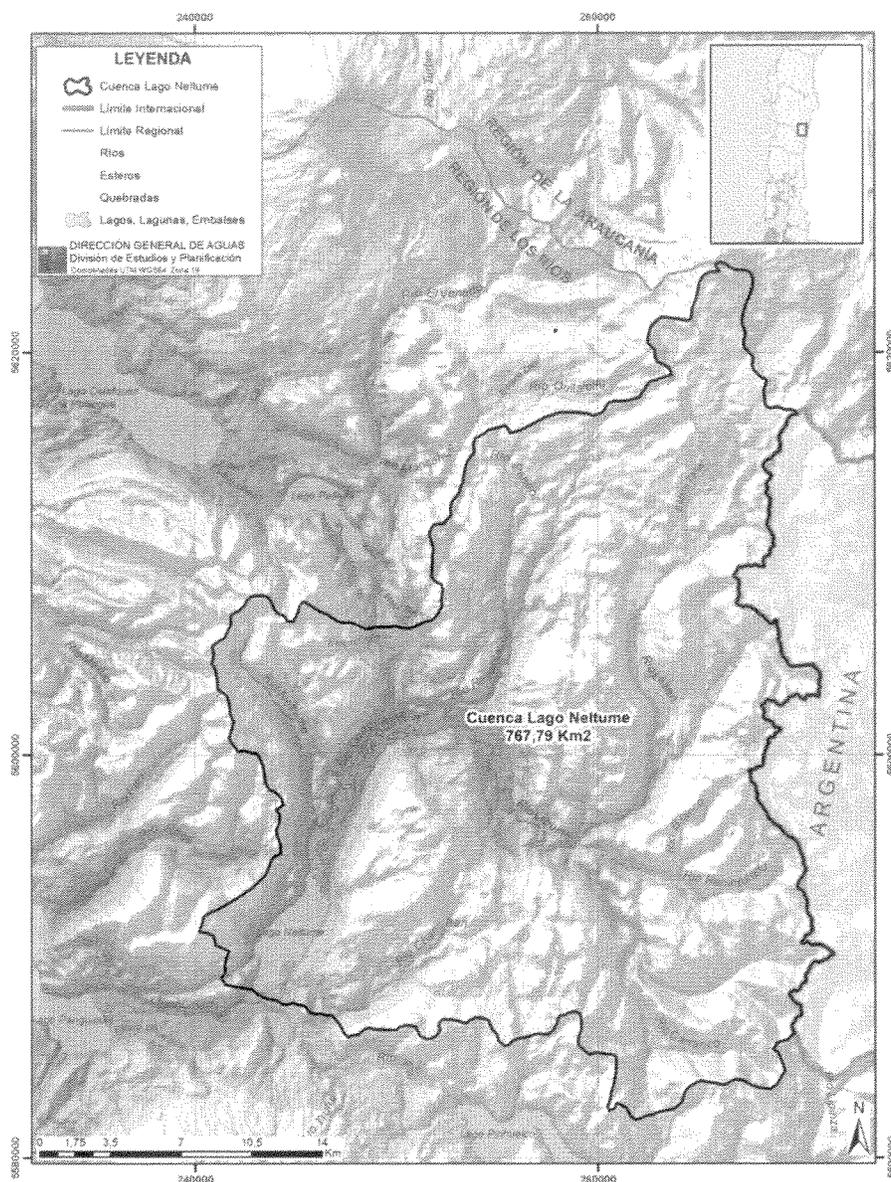


Figura 1 Representación del área de la cuenca del lago Neltume (elaboración propia)

El lago es de forma subrectangular elongada, profundo y sin criptodepresión. Por la ubicación del lago en la confluencia de dos valles con endicamiento de origen volcánico, este lago corresponde al tipo 19 de la clasificación de Hutchinson (1957). Ya que su condición actual se debe a la represa volcánica, aunque su origen temprano haya sido glaciar. La curva Hipsográfica del área revela que el lago tiene 23% de zonas bajas hasta 30m de profundidad.

3.2 Clima

El clima se define como templado lluvioso con influencia mediterránea, predominando los vientos del norte en invierno y oeste sur en verano. La pluviometría anual promedio es de 2.558 mm en la ciudad de Panguipulli, y de 4.440mm en Puerto Fuy. (Programa Eco-región de los Lagos sustentable, 2004)

3.3 Características geométricas y tiempo de renovación

Las características geométricas de un lago es uno de los factores importantes para determinar su dinámica, algunos de estos están descritos para el lago Neltume en la tabla 1.

Los parámetros que nos definen la geometría de un lago son el área, el volumen de agua, la profundidad media y el perímetro. Muchas características tanto físicas y químicas en los lagos se explican por esto, por ejemplo la relación entre la superficie y el área de cuenca de que se alimenta, nos da el volumen de sedimentación. Otra característica relevante es la batimetría con la cual es posible cuantificar el volumen de agua de los lagos y su hidrodinámica (Figura 2).

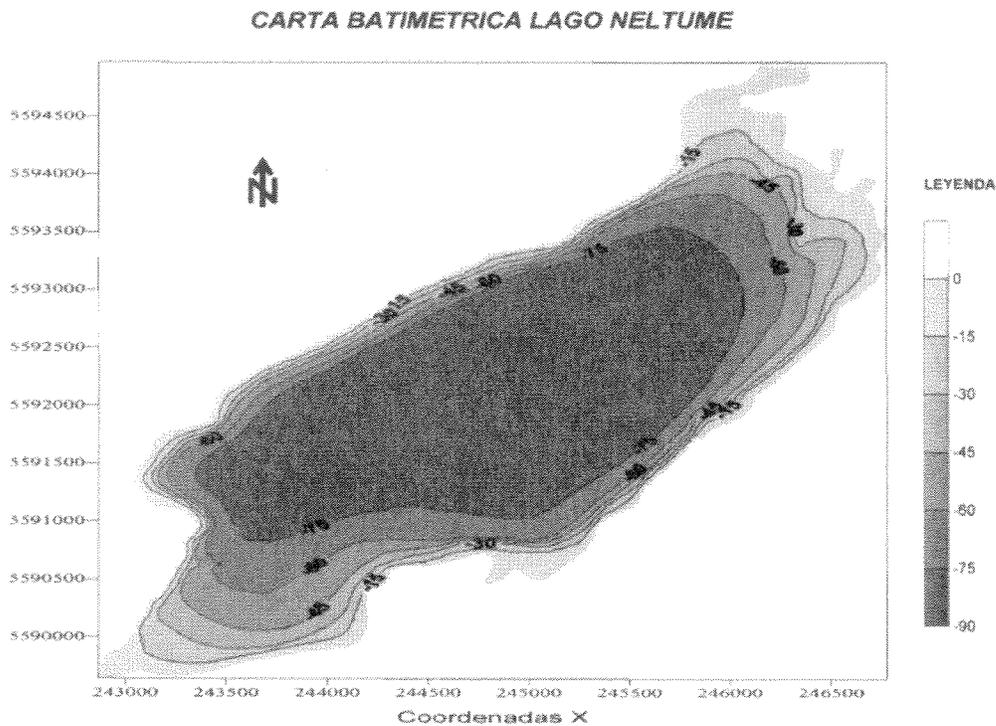


Figura 2 Mapa batimétrico del lago Neltumeex EIA Central Hidroelectrica Neltume

Tabla N°1: Parámetros morfométricos del lago Neltume (Campos *et al.*, 1977).

Latitud	39° 47' Sur,
Longitud	71° 59' Oeste
Altitud	186 msnm
Longitud máxima (lm)	6,3 km
Ancho máximo (bm)	2,4 km
Ancho medio (b)	1,5 km
Línea de costa (L)	16,9 km
Área superficial (Ao)	9,8 km ²
Profundidad máxima (Zm)	86 m
Profundidad media (z)	58 m
Radio = Z : Zm	0,67
Volumen (V)	0,574 Km ³
Zonas bajas (a 30 m prof.)	23%
Área de drenaje (Ad)	763 Km ²
Tiempo renovación hidráulico, teórico = Volumen/caudal afluente	2,5 meses
Lago monomítico templado: Se estratifica sólo 1 vez en verano	

3.4 Uso de suelo

Dentro del paisaje que circunda el lago Neltume es destacable mencionar que su ribera oriental está flanqueada por la ruta 201, que une la ruta 203 con la localidad de Liquiñe; por lo tanto, en esta ribera se concentra la mayor cantidad de habitantes en los alrededores del lago. Por su parte, la ribera poniente, se encuentra prácticamente sin habitantes. Existiendo una marcada diferencia en la vegetación que se puede observar en una y otra ribera. Es así como, en la ribera poniente existe un claro predominio de bosques y renovales de Coihue, Raulí, Tapa y Ulmo, entre otros; mientras que en esta ribera oriental (sector dónde pasa la ruta 201), existe un predominio de espacios descubiertos (praderas). Tales praderas están dedicadas a labores de crianza y pastoreo de animales bovinos y ovinos (observaciones de terreno). (UACH/DGA,2000).

3.5 Estado trófico lago Neltume

Se presenta a continuación la figura 3, (ex. DGA/UACH 2012) que muestra para las estaciones pelágicas del lago Neltume (Centro y Cua-Cua) los valores y la indicación del estado trófico basado en los parámetros tróficos transparencia (profundidad Secchi), fósforo total y clorofila a obtenidos por la Dirección General de Aguas (DGA), la Universidad Austral de Chile (UACH), centro de Ecología Aplicada (CEA) e INFRAECO desde 1975 hasta fines de 2012. La clasificación del estado trófico se realizó de acuerdo con la tabla N° 2 de la Guía Conama para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales y marinas (2005). Esta clasificación trófica corresponde a una probabilidad de aproximadamente un 80% del estado trófico correspondiente según el estudio OECD (Wetzel, 2001).

Se puede observar, que los valores obtenidos para la clorofila a y del fósforo total de la Dirección General de Aguas (DGA), la Universidad Austral de Chile (UACH), centro de Ecología Aplicada (CEA)

e INFRAECO presentan un cierto rango de variabilidad. Sin embargo, los datos de clorofila a indicaron generalmente un estado ultraoligotrófico -oligotrófico con excepción de algunos valores altos para fósforo total indicando un estado mesotrófico. En cuanto al parámetro de transparencia (disco Secchi) se observa que una fracción (40%) de los datos indican un estado meso a eutrófico y el resto de los datos son características para lagos oligotróficos.

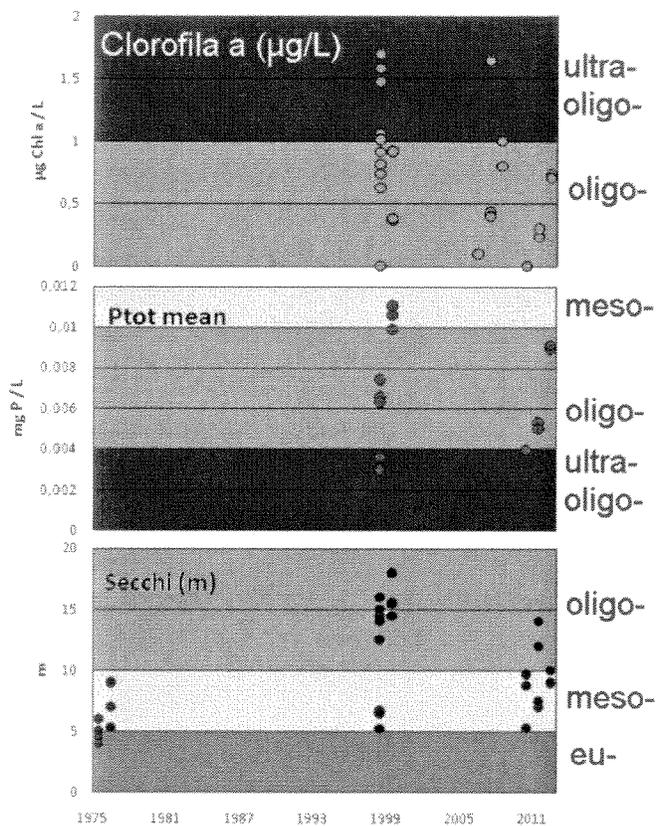


Figura. 3 Estado trófico del lago Neltume, basado en la transparencia y promedio de fósforo Total (PT) (0-80 m) y de clorofila a (0-40 m) en estaciones pelágicas. (DGA/UACH 2012)

Tabla N°2. Criterios y valores de clasificación de la condición trófica para lagos y embalses. Smith *et al.* 1999.

Condición trófica	Fósforo total (ug/l)	Nitrógeno total (ug/l)	Clorofila a (ug/l)	Color
Oligotrofia	< 10	< 350	< 3,5	
Mesotrofia	10 - 30	350 - 650	3,5 - 9	
Eutrofia	30 - 100	650 - 1.200	9 - 25	
Hipereutrofia	>100	> 1.200	> 25	

Tomando en cuenta el monitoreo del año 2013 se observa (tabla 3) que los datos del lago Neltume obtenidos en marzo de 2013 correspondiente a época de verano, y comparando los parámetros que determinan condición trófica según Smith 1999, se puede observar que los valores promedios de Fósforo total y clorofila a clasificarían a este lago con una condición de Oligotrofia, en cambio en el mes de mayo del año 2013 se observa una variación en fósforo total a ya que presentan valores de condición mesotrófica, los valores determinados para nitrógeno total y clorofila a establecen una condición de oligotrofia para el lago.

Tabla 3 Resultados de parámetros relevantes para la determinación de trofia según Smith 1999 para el año 2013

Estación	Fecha	Fósforo total (ug/l)	Nitrógeno total (ug/l)	Clorofila a (ug/l)
Sector centro superficial	10/03/2013	11,4	-	1,6
Sector centro 10 mts		14,3	-	0,5
Sector centro 30 mts		10,9	-	0,3
Sector centro 50 mts		10,5	-	1,7
Sector centro 70 mts		7,6	-	0,2
Promedio		10,94	-	0,86
<hr/>				
Sector centro superficial	12/05/2013	15,6	10	1,0
Sector centro 10 mts		15,6	10	1,1
Sector centro 30 mts		14,3	58	0,3
Sector centro 50 mts		11,9	109	0,4
Sector centro 80 mts		8,2	11	2,2
Promedio		13,12	39,6	1,0

3.6 Fitoplancton

A Partir del año 2011 se incorpora en la red de control de lagos el monitoreo biológico de fitoplancton, componente indicador del estado de salud del ecosistema acuático, desde el año 2013 se comenzaron los primeros monitoreos en el lago Neltume los cuales son comentados en los párrafos siguientes:

Llama la atención en Lago Neltume, que el 11 de marzo 2013 se observó una alta dominancia de Cyanophyceae en todas las profundidades de la Estación Centro, especialmente del género *Anabaena* spp., ya que algunas de estas especies pueden ser nocivas para el hombre, particularmente en aguas más eutróficas. (Tablas 4.1-4.5)

Una floración masiva de estas cianofíceas puede indicar cambios en el estado trófico del lago.

No obstante, en los resultados de fitoplancton del 12 de mayo del 2013, no es posible observar dominancia de cianofíceas, es más, no se registra ninguna especie de este grupo, y en esta ocasión hay un mayor predominio de diatomeas. En todo caso, se registra la presencia del dinoflagelado *Ceratium hirundinella* en toda la columna de agua, desde la superficie hasta los 80 m. Se revisaron los informes de DGA (DGA/EULA 2011 y 2012) y en dichas campañas no se colectaron muestras en lago Neltume. Como antecedente de publicaciones científicas en otros lagos se informa que la cianofícea *Anabaena flos-aquae* y muchas otras especies del fitoplancton posee ciclos de vida complejos incluyendo estados o esporas de resistencia, como las aquinetas y de este modo, poseen ventajas competitivas para florecer y dominar la comunidad fitoplanctónica (Hellweger, F. L., et al 2008).

Río Neltume

Este río es un efluente del lago Neltume y registró una comunidad en la muestra dominada por *Anabaena* spp., de la clase Cyanophyceae con un 68% de la abundancia total de fitoplancton. Le siguió en dominancia la clase Chlorophyceae, especialmente la *Sphaerocystis Schroeteri* con más de un 20%.

Río Cua-Cua

En el río Cua-Cua efluente del lago en cambio, indica ausencia de Cyanophyceae y la comunidad fitoplanctónica fue dominada por la clase Bacillariophyceae con más del 95% de abundancia total. Los taxa de mayor dominancia fueron *Gomphoneis* spp., y *Gomphonema* spp., con un 29.74% y 23.42%. También se observó presencia de otros taxa de tipo epi-bentónicos como por ejemplo: *Rhoicosphenia* spp., *Tabellaria* spp., y *Navicula* spp.

La clase Bacillariophyceae fue la más dominante aunque ninguna de las especies detectadas superó el 50 %, siendo *A. formosa* y *A. granulata* las más importantes en términos de abundancia celular.

En el Río Cua-Cua la comunidad de micro-algas estuvo representada fundamentalmente por las diatomeas *R. eriensis* y *A. granulata*. En general se observan bajas concentraciones de fitoplancton.

Tabla 4.3. Resultados de Abundancia (cell/L) y Porcentaje (%) de microalgas por profundidad en Lago Neltume.

LAGO	NELTUME		Profundidad (m)
ESTACION	RIO CUA CUA		0
FECHA MUESTREO	11/03/2013		0
Clase	Género	Especie	Cell/L %
DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	<i>cf. hirundinella</i>	178 0%
EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	<i>spp.</i>	89 0%
CHLOROPHYCEAE	<i>Closterium</i>	<i>acutum</i>	178 0%
BACILLARIOPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	<i>spp.</i>	534 1%
	<i>Cocconeis</i>	<i>spp.</i>	89 0%
	<i>Cymbella</i>	<i>spp.</i>	4005 8%
	<i>Diatoma</i>	<i>spp.</i>	445 1%
	<i>Fragilaria</i>	<i>spp.</i>	5162 10%
	<i>Gomphonopsis</i>	<i>spp.</i>	15486 30%
	<i>Gomphonema</i>	<i>spp.</i>	12193 23%
	<i>Hannaea</i>	<i>arcus</i>	445 1%
	<i>Melosira</i>	<i>varians</i>	6497 12%
	<i>Navicula</i>	<i>spp.</i>	1513 3%
	<i>Pennatas</i>	<i>spp.</i>	2314 4%
	<i>Rhicosphenia</i>	<i>spp.</i>	1335 3%
	<i>Tabellaria</i>	<i>flocculosa</i>	1602 3%
Total general			52065 100%

Tabla 4.4. Resultados de Abundancia (cell/L) y Porcentaje (%) de microalgas por profundidad en Lago Neltume.

LAGO	NELTUME		Profundidad (m)
ESTACION	RIO CUA CUA		0
FECHA MUESTREO	12/05/2013		0
Clase	Género	Especie	Cell/L %
CHRYSOPHYCEAE	<i>Dinobryon</i>	<i>cylindricum</i>	300 2%
DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	<i>cf. hirundinella</i>	100 1%
CHLOROPHYCEAE	<i>Closterium</i>	<i>aciculare</i>	100 1%
BACILLARIOPHYCEAE	<i>Asterionella</i>	<i>formosa</i>	1500 9%
	<i>Aulacoseira</i>	<i>granulata</i>	3100 18%
	<i>Cocconeis</i>	<i>spp.</i>	100 1%
	<i>Cymbella</i>	<i>spp.</i>	1500 9%
	<i>Diatoma</i>	<i>spp.</i>	1600 9%
	<i>Diatoma</i>	<i>vulgare</i>	300 2%

	<i>Gomphonopsis</i>	<i>spp.</i>	1100	7%
	<i>Melosira</i>	<i>hustedtii</i>	1300	8%
	<i>Navicula</i>	<i>dicephala</i>	300	2%
	<i>Pennadas</i>	<i>spp.</i>	400	2%
	<i>Pinnularia</i>	<i>spp.</i>	300	2%
	<i>Rhizosolenia</i>	<i>erensis</i>	4200	25%
	<i>Rhoicosphenia</i>	<i>spp.</i>	700	4%
Total general			16900	100%

Tabla 4.5. Resultados de Abundancia (cel/L) y Porcentaje (%) de microalgas por profundidad en Lago Neltume

LAGO	NELTUME			
ESTACION	RIO NELTUME			
FECHA MUESTREO	11/03/2013			
Clase	Género	Especie	Cel/L	Profundidad (m)
CRYPTOPHYCEAE	<i>Cryptomonas</i>	<i>ovata</i>	534	1%
CHRYSOPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	<i>spp.</i>	979	2%
CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	<i>spp.</i>	28213	67%
DINOPHYCEAE	<i>Ceratium</i>	<i>cf. hirundinella</i>	1157	3%
	<i>Peridinium</i>	<i>cinctum</i>	178	0%
CHLOROPHYCEAE	<i>Sphaerocystis</i>	<i>schroeteri</i>	9345	22%
BACILLARIOPHYCEAE	<i>Cocconeis</i>	<i>spp.</i>	89	0%
	<i>Fragilaria</i>	<i>spp.</i>	890	2%
	<i>Navicula</i>	<i>spp.</i>	445	1%
Total general			41830	100%

4. Monitoreo del Lago Neltume

4.1 Objetivo del Monitoreo

El objetivo del muestreo propuesto es realizar un monitoreo continuo el cual permitirá evaluar la condición de trofía del lago Neltume con una mirada preventiva.

4.2 Nuevo Monitoreo a Implementar

El monitoreo determinado para el lago Neltume, tomó en cuenta los resultados de los estudios Redefinición de la red mínima de lagos (DGA/Poch, 2009) y el estudio Diagnóstico y caracterización del estado trófico del lago Neltume y Pirehueico (DGA/UACH, 2012) (tabla 5)

En la Figura N°3 se muestra la ubicación aproximada de los puntos propuestos (nuevas estaciones de monitoreo).

Tabla N°5: Nuevo Muestreo a Implementar por la DGA en el Lago Neltume

Lago	Estación de muestreo	Áreas	Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 19(*)	Código BNA
Neltume	1.Sector Centro	Pelagial (PEL)	5590819N-244637E	10103003
	2.Río Neltume	Efluente	5588436N-242743E	10103004
	3.Río Cua Cua	Afluente	5593026N-246279E	10103005
Periodos y profundidad de muestreo estaciones pelagial: Sector Centro.	Primavera		0m /10 m / 30 m / 50m / 80 m	
	Verano		0m /10 m / 30 m / 50m / 80 m	
Periodos y profundidad de muestreo estaciones fluviales: Río Neltume y río Cua Cua.	Primavera		superficial	
	Verano		superficial	
Parámetros				
1. Físicoquímicos	Temperatura, Cond. Espec, pH, Oxígeno disuelto, % Sat. de oxígeno, Transparencia, Turbidez, DQO. SiO ₂			
2. Nutrientes	N-NO ₃ , N-NO ₂ , N-NH ₄ , P-PO ₄ , Fósforo total, Nitrógeno total <i>(requiere contratación del análisis o implementación del mismo en el Laboratorio DGA)</i>			
3. Parámetros biológicos	Clorofila a (ug/m ³)			
	Fitoplancton (cel/ml) (abundancia y composición) sólo en estaciones del lago, y hasta 50 m de profundidad. <i>Requiere contratación del análisis y adquisición de implementos de muestreo.</i>			
4. Perfil de CTD (oxígeno, temperatura y clorofila)	<i>Se obtendrán perfiles en la columna de agua hasta el fondo a través de Sonda CTD Sea and Sun</i>			

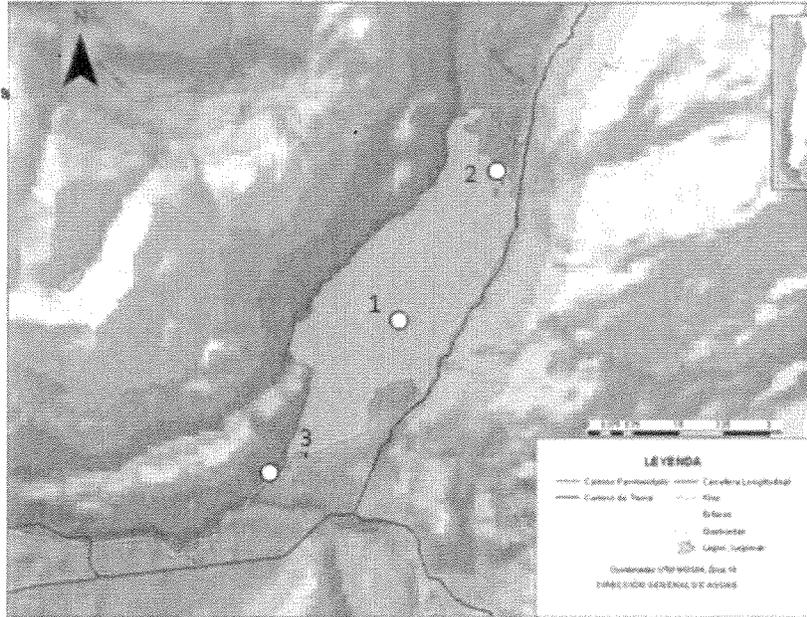


Figura N°3: Nuevas estaciones de monitoreo del lago Neltume

4.3 Metodologías analíticas, límites de detección y referencias.

En la Tabla N°4 se indican las metodologías analíticas con sus referencias y el límite de detección necesario para que el análisis sea útil a los fines propuestos en esta minuta técnica. En caso de requerir la contratación externa de los análisis, es necesario que el laboratorio que se contrate, asegure los límites de detección sean iguales o inferiores a los indicados en la Tabla N°4. Además, los laboratorios externos que se contraten deberán trabajar con aguas naturales¹ y no residuales.

Respecto al parámetro nitrógeno total, cuando es externalizado, frecuentemente los laboratorios privados entregan el resultado del expresado como NKT o como la suma de las concentraciones de N-NO₃, N-NO₂ y NKT. Esta información, para lagos no sirve, debido a que si las aguas se presentan oligotróficas o ultraoligotróficas, no será posible componer la concentración de nitrógeno total a partir de la de las concentraciones de las especies del nitrógeno, porque las mismas pudieran estar bajo los límites de detección. El laboratorio que se contrate debe tener implementada la técnica del nitrógeno total.

¹ Se recomienda la contratación de laboratorios con experiencia en el análisis de aguas crudas o naturales, ya que las concentraciones esperadas son bajas y en general, los laboratorios que analizan también muestras no naturales, no tienen la sensibilidad requerida para leer una baja concentración características de aguas oligotróficas, aún cuando tengan una técnica analítica validada que en teoría le permita llegar al límite de detección que aquí se solicita.

Tabla N°6: Metodologías analíticas, límites de detección y referencias

PARAMETRO	LÍMITE DE DETECCIÓN	METODOLOGÍA	REFERENCIA
Transparencia	0.5 m	Disco Secchi	DGALGOTR1/2009: Método de análisis interno(*)
Temperatura	0.01	Termométrica	Standard Methods N° 2550 B
Conductividad	0.1	Celda de conductividad	Standard Methods N° 2510 B
pH	0.01	Electrodo específico	Standard Methods N° 4500-H
Oxígeno Disuelto	0.01	Electrodo específico	Standard Methods N° 4500-O G
N- Total	0.010 mg/L de N	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N° 4500-N C
N-NO3	0,02 mg/L de N-NO3	Salicilato Sódico	Rodier, 1981
N-NO2	0.006 mg/L de N-NO2	Método de Diazotización	SMEWW 19 th Edition, Method 4500-NO2. Hach Method 8507, USEPA Approved
N-NH3	0.02 mg/L de N-NH3	Método Nessler	Hach Method 8038, USEPA Approved
Fósforo Total	3 ug/L de P	Método de Acido ascorbico y Digestión acida con persulfato	SMEWW 19th Edition Method 4500-P-E. Method 4500-P-B-5
P-PO4	0,012 mg/L de P-PO4	Método del ácido ascórbico/ E.A.M	SMEWW 19th Edition, Method 4500-P-E. Hach Method 8048, USEPA Approved
Clorofila "a"	0.1 ug/L de Clorofila "a"	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods; N° 10200 H DGALGOCL1/2009: Método de análisis interno(*)
Fitoplancton	<i>Por definir en proceso de externalización de los análisis.</i>		
Macrofitas	<i>Abundancia y composición</i>		

(*) Metodología analítica utilizada por el Laboratorio Nacional de la Dirección General de Aguas. Ver Anexo 5.

5. Publicación y usos de los resultados

Los resultados del monitoreo a efectuar por la DGA, serán publicados en el SNIA (Sistema Nacional de Información del Agua) para uso de la ciudadanía y en particular para la vigilancia de la futura norma de calidad secundaria de aguas que se espera sea desarrollada para el lago en el mediano plazo.

Cada 3 años, el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos emitirá una minuta técnica que interprete los resultados del último año de muestreos y análisis, con la finalidad de que los servicios públicos y la ciudadanía en general cuenten con un documento de evaluación de la condición trófica del lago y puedan iniciar las gestiones que se requieran.

6. Conclusiones

Se recomienda implementar a partir de la fecha de la presente minuta, el monitoreo de calidad de aguas definido.

7. Referencias

1. DGA-POCH. 2009. Redefinición de la Red Mínima de Lagos (SIT N°192.)
2. DGA/UACH. 2000. "Estudio Limnológico de los Lagos Neltume y Pirehueico". Ministerio de Obras Públicas.
3. DGA/ UACH. 2012 "Diagnóstico y caracterización del estado trófico del lago Neltume y Pirehueico" (SIT 303).
4. Hutchinson, G. 1957. A treatise on Limnology L Geograpy. Physics and Chemistry John Wiley and Sons. New York.
5. Hellweger, F. L., et al 2008. Agent-based modeling of the complex life cycle of a cyanobacterium (*Anabaena*) in a shallow reservoir. *Limnol. Oceanogr.*, 53(4), 1227–1241.
6. Laugenie,C. 1971. Elementos de Cronología glaciaria en los Andes chilenos, meridionales. Cuadernos Geográficos del Sur (Universidad de Concepción) 1:7-20.
7. Programa de eco-región de los lagos Sustentable. 2004. "Diagnostico Comuna de Panguipulli". Agenda local 21. Municipalidad Panguipulli
8. Smith, V.H. , G.D. Tilman & J.C. Nekola. 1999. Eutrophication: "Impacts of Excess Nutrient inputs on Freshwater, Marine, and Terrestrial Ecosystems". *Environmental Pollution* 100: 179-196
9. Wetzel, R. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Academic Press, 1006 páginas.

8. Anexos

Anexo 5: Metodologías de análisis para Clorofila y Transparencia

Clorofila "a": "DGALGOCL1/2009: Método de Análisis Interno DGA. Clorofila a"

Introducción

Las interacciones entre el fitoplancton y los nutrientes pueden analizarse planteando un balance de masas en un volumen infinitesimal. De este modo se obtiene una expresión que permite evaluar la variación temporal en función del comportamiento vegetativo, dado por las tasas de crecimiento y mortalidad, depositación e ingreso neto al sistema. Este indicador es, generalmente, la concentración de clorofila «a», que indica la cantidad de biomasa vegetal presente en el cuerpo de agua. (Thomann y Mueller, 1987).

Preparación de material:

El lavado de bidones. Este procedimiento se realiza en primer lugar agregando ácido clorhídrico, luego se enjuaga con agua potable y después con agua desionizada, que ha sido tratada en el laboratorio con un Desionizador EQUILAB Marca Banstread modelo nanopure Diamond de resina.

Procedimiento en Terreno:

Una vez obtenidas e identificadas las muestras se procede a filtrar tan pronto como sea posible:

1. Se utiliza un filtro de microfibras de vidrio de 47mm de diámetro y una porosidad de 0.7-1.0 μm
2. Se filtran 2 L o más (se recomienda filtrar de 4 a 6 L para concentraciones < a 1 $\mu\text{g/L}$ de clorofila)
3. El volumen de muestra a filtrar se agita previamente para homogenizarla y se pasa por el filtro de microfibras de vidrio asistido por un sistema de filtración con vacío. Se anota el volumen filtrado.
4. El filtro con el residuo exento de agua, se retira con pinzas doblándolo por mitad con el residuo en las caras interiores del filtro y se guarda en un sobre previamente etiquetado (lago, estación, fecha, N° , profundidad y volumen filtrado) que en su interior contiene otro sobre de papel filtro el cual protege y extrae la humedad del residuo filtrado.
5. Cuando se han obtenidos todos los residuos filtrados y guardados en sus respectivos sobres, se envuelven todos juntos en alusaplast, se ponen en bolsas plásticas negras para protección de la luz y congelan para ser transportadas a Lab. Ambiental DGA, donde se guardan en congelador a -20°C

Procedimiento de Laboratorio:

En un ambiente de luz tenue y temperatura no superior a 20°C se procede a la extracción:

- El filtro de microfibras de vidrio se saca del sobre con una pinza y se corta en pequeños pedazos (< 2mm) poniéndolos, mediante un embudo, en tubo de vidrio de 15ml con tapa rosca.
- Se agregan 10 mL de acetona al 90% , se tapan firmemente, se agitan y se ponen en una gradilla tapándolos con una cubierta de plástico negro. Se dejan por 24 hrs. en vitrina refrigerada (aprox. 4°C)
- Los tubos con el filtro molido más acetona se ponen en una centrifuga a xxx rpm, por 20 minutos, se devuelven a la gradilla se tapan con la cubierta de plástico negro se refrigera por 30 minutos a 4°C.
- La determinación de Clorofila se realiza mediante espectrofotometría en un equipo UNICAM modelo UV-300, equipado con bomba peristáltica (Sipper) la cual toma la muestra y la pasa a través de la celda de flujo de 10mm.
- La lectura de clorofila se realiza en las longitudes de onda 750nm, 665nm, 645nm, y 630nm.
- Como blanco se utiliza acetona al 90% llevando el espectrofotómetro a lectura "zero"
- Con el equipo estabilizado se leen cada una de las muestras a las diferentes longitudes de ondas mencionadas, anotando las absorbancias obtenidas en Planilla de Análisis para Clorofila.

Cálculos

Mediante Planilla de Calculo (Excel) tabla 5, se registran las concentraciones de Clorofila "a" partir de las absorbancia medidas:

- Se digitan las absorbancia obtenidas para las longitudes de onda 750nm, 665nm, 645nm, y 630nm en las columnas respectivas.
- En columnas adyacentes se obtienen los valores de absorbancia corregidas por la lectura del blanco (acetona 90%) y la lectura a 750nm mide turbiedad de las muestras (proceso de calibración).
- En columna Volumen, esta expresado en litros filtrado
- En Columna ug/L o mg/m3 se encuentra la formula que determina la concentración de Clorofila

$$\text{Conc ug/l} = \frac{\text{vol solvente (10 ml acetona 90\%)}}{\text{Vol filtrado (en terreno 2 litros)}} \left[11.6 \times \frac{\text{lect absor 665 nm}}{2.16} + 0.1 \times \frac{\text{lect absor 630 nm}}{\text{lect absor 665 nm}} \right]$$

Tabla 7.- Hoja de cálculo para determinar concentración de Clorofila

DETERMINACION DE CLOROFILA "a"					Lago Panguipulli				N° Ingreso:		Método Scor-Unesco	
FECHA INICIO ANAL.									FECHA TÉRMINO ANAL.			
Muestras									Volumen	ug / l o		
	750 nm	665 nm	645 nm	630 nm	750 nm	665 nm	645 nm	630 nm	Filtrado (Lts)	mg / m3	Promedio	(%) RSD
1					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
1					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
2					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
2					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
3					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
3					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
4					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
4					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
5					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
5					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
6					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
6					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
7					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
7					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
8					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
8					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
9					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
9					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
10					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0		
10					0,000	0,000	0,000	0,000	0,50	0,0	0,0	
Blanco	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				

Nota: El valor a 750nm es la que mide el blanco y es la que corrige los otros valores, la que viene a 665 es corregida con el blanco más la muestra a 750nm.

Si bien no existe límite de detección lo mínimo que marca el espectrofotómetro es 0.001 de absorbancia y con el uso de la fórmula la concentración más baja que se obtiene 0.1 ug/l y se utiliza un solo decimal.

Referencias

- THOMANN, R Y MUELLER, J (1987): Principles of Surface Water Quality and Control. Harper & Row, Publishers, New York.
- BAECHELER, JOSÉ & PÉREZ, C (1999): Modelación de calidad de aguas del lago Villarrica y aproximación al problema hidrodinámico VI Jornadas del CONAPHI-CHILE.

Trasparencia: "DGALGOTR1/2009: Método de análisis interno DGA. Trasparencia"

Introducción

Disco Secchi. Desarrollado por el profesor P. A. Secchi en 1965. El disco Secchi es un disco estándar de 20 cm de diámetro cuya cara superior se encuentra dividido en cuatro secciones alternadas de color blanco y negro con el fin de medir transparencia, este disco en el centro tiene un anillo que permite amarra a una cuerda o cadena graduada cada 0.5 metros y se mide la profundidad hasta que desaparece de la vista, la distancia es registrada, a medida que el agua es más transparente mayor es la distancia del disco Secchi. Esta técnica es fácil, rápida y barata de medir.

Materiales

- a. Disco Secchi ésta hecho de acrílico y posee un diámetro de 20 cm
- b. Cadena con marca metálica dibujada bajo relieve con lo cual es imposible que se desvanezca, graduada cada 0.5 metros
- c. Un observador

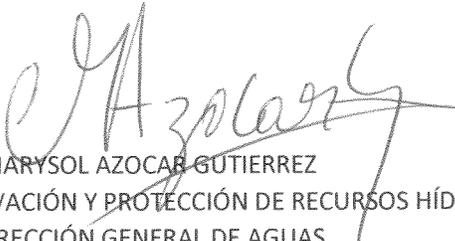
Etapas de medición de disco Secchi:

- a. Chequear y asegurarse que el disco este conectado a la cuerda o cadena.
- b. Observar y colocarse a un costado sombreado del bote para evitar interferencias de reflejos en la superficie del agua y bajar el disco Secchi manteniendo la espalda hacia el sol para evitar el deslumbramiento, Se recomienda realizar las mediciones con el disco Secchi 2 horas después del amanecer y 2 horas antes del ocaso.
- c. Bajar el disco Secchi hasta que desaparezca de la vista, registrar la distancia, seguir bajando el disco y volver a levantarlo hasta que sea visible y registrar esta distancia, la medición de profundidad alcanzada por el disco Secchi es el promedio del registro de descenso y ascenso, en lo posible realizar las mediciones con el mínimo oleaje, evitando la deriva del bote.
- d. La medida se realiza tomando como punto máximo la superficie del agua, al medir se toma la cadena y se aproxima a la última medida que indica la cadena antes de salir del agua, no se interpreta aproximadamente cuanto ha medido la cadena.
- e. Volver a repetir esta actividad 2 veces y promediar las distancias registradas, para obtener una medición de calidad.

Observaciones

La clave para obtener resultados claros es la formación del personal para seguir los procedimientos de muestreo y, en lo posible que un mismo individuo tome la lectura en el mismo sitio y en toda la campaña.

Para disminuir el brillo del agua que podría interferir en la medición se recomienda la utilización de un visor, o Lentes que disminuyan el brillo, los resultados se informan con un solo decimal.


MARYSOL AZOCAR GUTIERREZ
DEPTO. DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS