



**MINUTA DCPRH N° 16 /**

**MAT.:** Propone y justifica la modificación del monitoreo de calidad de aguas realizado por la DGA en laguna Grande de San Pedro, región del Bío Bío.

**SANTIAGO, 28 ABR 2014**

1. OBJETIVO .....	2
2. JUSTIFICACIÓN .....	2
3. INTRODUCCIÓN .....	2
3.1 Cuenca Hidrográfica.....	2
3.2 Geomorfología de la Hoya Hidrográfica .....	3
3.3 Morfometría de la laguna Grande de San Pedro.....	5
3.4 Clima .....	6
3.5 Evaluación del Estado Trófico del Lago.....	6
3.6 Estratificación térmica Laguna San Pedro .....	9
3.7 Resultados de Fitoplancton .....	10
4. MONITOREO DE LAGUNA GRANDE DE SAN PEDRO .....	14
4.1 Objetivo monitoreo .....	14
4.2 Nuevo Monitoreo a Implementar.....	14
4.3 Técnicas Analíticas, Límites de detección.....	15
5. PUBLICACIÓN Y USO DE LOS RESULTADOS.....	16
6. CONCLUSIONES.....	16
7. REFERENCIAS .....	16
8. ANEXOS.....	17
8.1 Anexo 1: Resultados históricos de calidad de agua relevantes que respaldan la modificación del monitoreo propuesto .....	17
8.1.1 Limitación por Sílice.....	17
8.1.2 Limitación por Nitrógeno v/s Fósforo.....	17

## **1. OBJETIVO**

La presente minuta, tiene como objetivo proponer un cambio en el muestreo de calidad de aguas realizado por la Dirección General de Aguas en la laguna Grande de San Pedro a fin de que este nuevo monitoreo atienda de mejor manera las necesidades de conocimiento del Lago.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

La Dirección General de Aguas (DGA) desde el año 1983, comienza con estudios destinados a establecer una red de calidad de aguas en lagos y embalses. Hasta la fecha los parámetros monitoreados, la preservación, traslado de muestras y las técnicas analíticas utilizadas por el Laboratorio Ambiental de la DGA han sido los adecuados y confiables para determinar la condición trófica del lago, es importante reevaluar si los puntos de muestreos son los más idóneos para entregar una evaluación preventiva de la condición trófica, considerando los cambios a nivel antrópico que ha tenido la ribera del lago.

La laguna grande de San Pedro pertenece al grupo denominado lagos Nahuelbutanos meridionales (Laguna Grande de San Pedro, Laguna Chica de San Pedro, Laguna Quiñenco, Lago Lanalhue y Lago Lleulleu). Estos lagos corresponden a áreas de desarrollo indígena, lo cual constituye un componente cultural, actualmente relevante en Chile para la toma de decisiones respecto al uso de estos recursos acuáticos (Parra, 2003). Desde esta perspectiva, los procesos que afectan la calidad y usos de estos recursos, como la eutrofización, requieren una especial atención de la comunidad científica.

## **3. INTRODUCCIÓN**

### **3.1 Cuenca Hidrográfica**

La hoya hidrográfica de la laguna san Pedro se encuentra localizada entre los 36°51'30" latitud sur y 73° 04'30" y 73° 07' longitud oeste, se encuentra enclavada en la parte Nord occidental de la Cordillera de Nahuelbuta, al sur del río Bío bío y a aproximadamente a 4 kilómetros de la ciudad de Concepción.

Parte del cuerpo de agua está rodeado por el condón montañoso en el lado oriental del que se desprenden pequeños valles que descuelgan hacia la laguna. En el lado occidental de la laguna grande existe una extensa llanura arenosa que actúa como represamiento natural del sistema (UDEG/DGA, 1985)

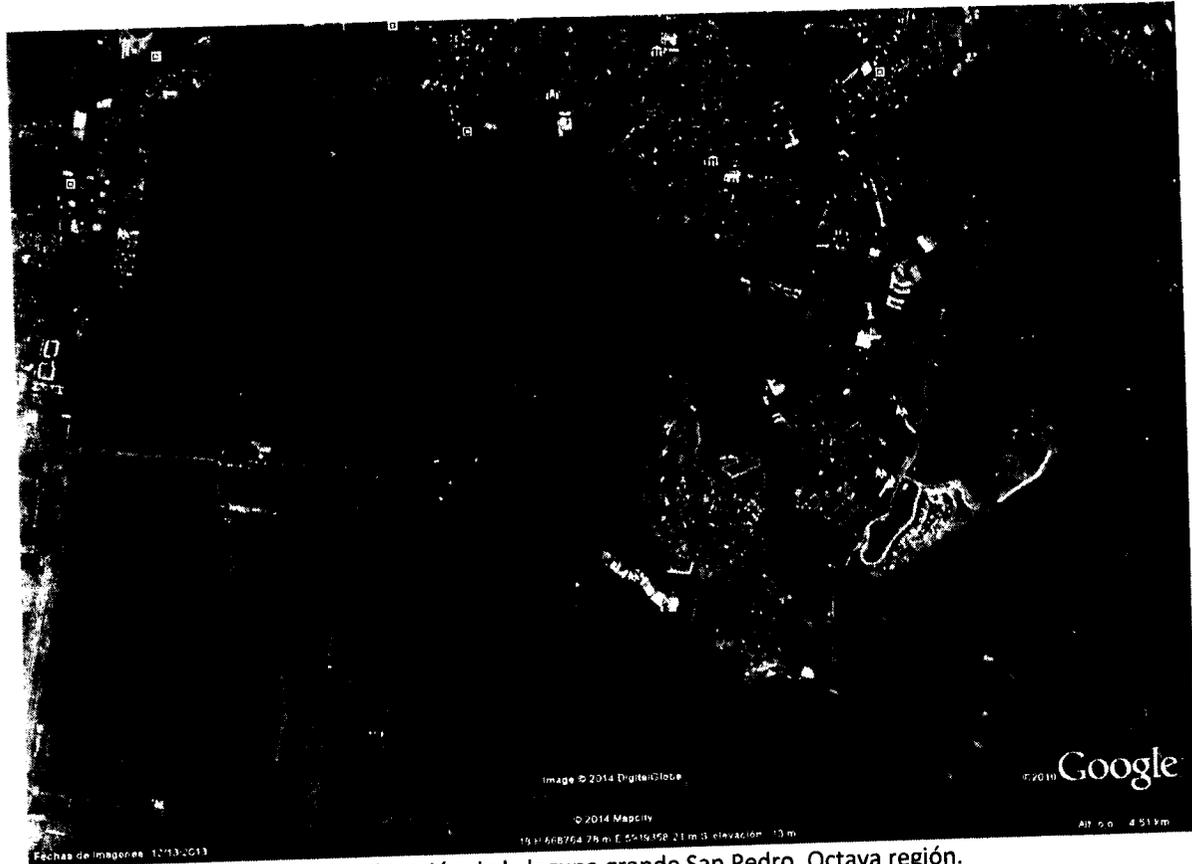


Figura 1 Ubicación de la laguna grande San Pedro, Octava región.

### 3.2 Geomorfología de la Hoya Hidrográfica

La Hoya Hidrográfica de Laguna Grande San Pedro se encuentra localizada entre los 36° 0' 50" 30" Lat. Sur y 73° 0' 04" 1" 30" Y 73° 0' 07" 1" long. Oeste

Entre las principales unidades de relieve destacan:

**Cordón Montañoso.** Corresponde al extremo norte de la Cordillera de la Costa la que en esta latitud alcanza en las más altas cumbres altitudes de 325 y 429 metros. La orientación del cordón que rodea la laguna es en sentido norte-sur.

**Plataforma Litoral:** Como unidad se dispone paralela al escarpe de falla cordillerano con alturas que raramente sobrepasan los 100 metros. La pendiente es débil en sentido este-oeste y su anchura variable, entre 1 y 2,5 km. Sus interfluvios, elaborados en roca sedimentaria son planos y disectados por pequeñas quebradas.

**Llanura Litoral:** Se ubica entre la Plataforma Litoral y el Océano Pacífico con dirección NNE a SSW. Su anchura máxima es de aproximadamente 4 km. Esta extensa llanura arenosa es el límite natural de la laguna en su lado occidental. La llanura no es homogénea en su extensión y en ella es posible distinguir:

- a) Una terraza fluvio deltaica, en la cual se asienta la Villa San Pedro.
- b) Una llanura de sedimentación, marina, que se extiende desde la anterior hasta las proximidades de la ciudad de Coronel.
- c) Superpuestas a esta última existen campos de dunas que tienen amplio desarrollo en el extremo norte, frente a la laguna.
- d) Una llanura húmeda o Vega, que se extiende en el costado occidental del cuerpo de agua constituyendo un corredor natural de un antiguo desagüe.
- e) E .Un Pajonal a través del cual desaguan las tierras bajas y en especial el Estero Los Batros, efluente natural de Laguna Grande San Pedro.

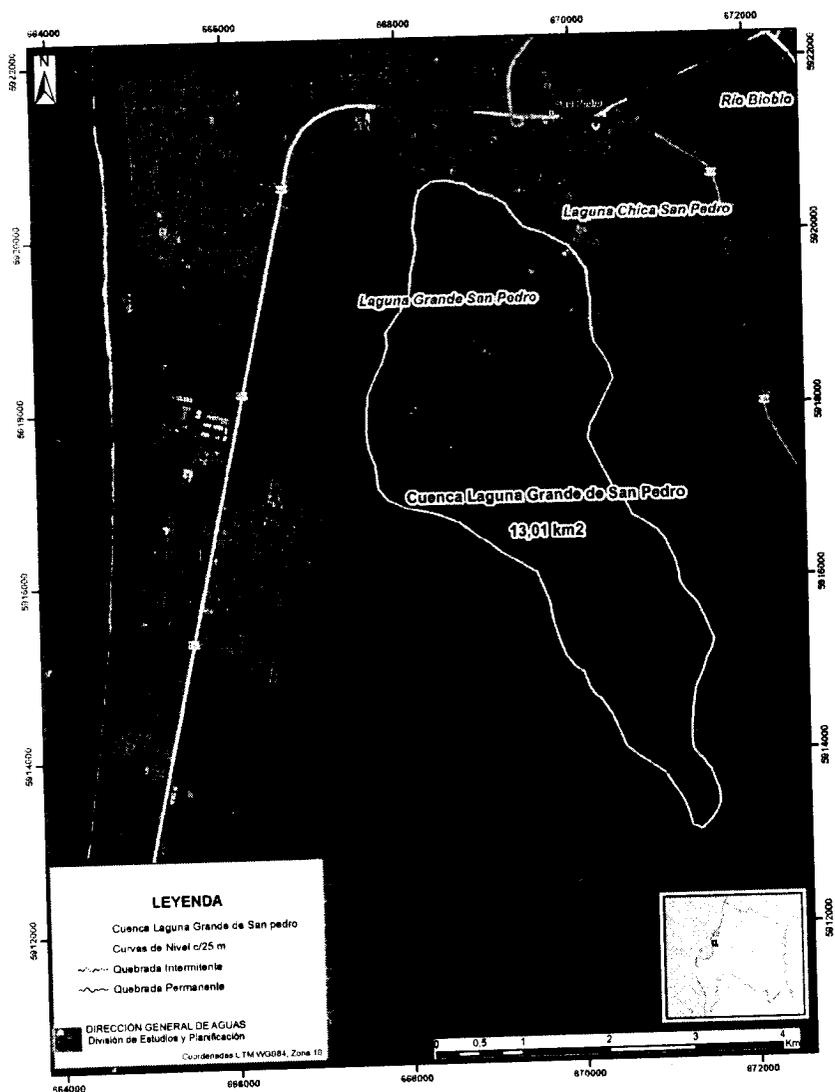


Figura 2 Delimitación de la cuenca del lago San Pedro

### 3.3 Morfometría de la laguna Grande de San Pedro

En el marco de la provincia de Concepción, la laguna Grande de San Pedro forma parte de un sistema de lagos costeros al Sur del río Bío Bío (Dellarossa *et al* 1979) al cual pertenecen también laguna Chica de San Pedro, la Posada y Quiñeco.

La superficie del cuerpo de agua es de cerca de 156 ha. Siendo su largo máximo 2,67 Kms., tomados sobre el espejo de agua y su ancho máximo de 1,37 Kms. Los parámetros morfométricos más relevantes se resumen en la tabla 1

Desde el punto de vista descriptivo destacan dos embahiamientos pequeños en la parte sur y otro y otro en el sector oriental, en estas pequeñas bahías desembocan los principales esteros que alimentan la laguna. Los contornos de las bahías se caracterizan por laderas de fuertes pendientes. En la parte norte, la laguna esta represada por la presencia de cerros islas, restos de la plataforma terciaria, cordones litorales paralelos a la línea de la playa y por dunas; estos elementos impidieron o limitaron el drenaje del valle permitiendo la formación del depósito de agua.

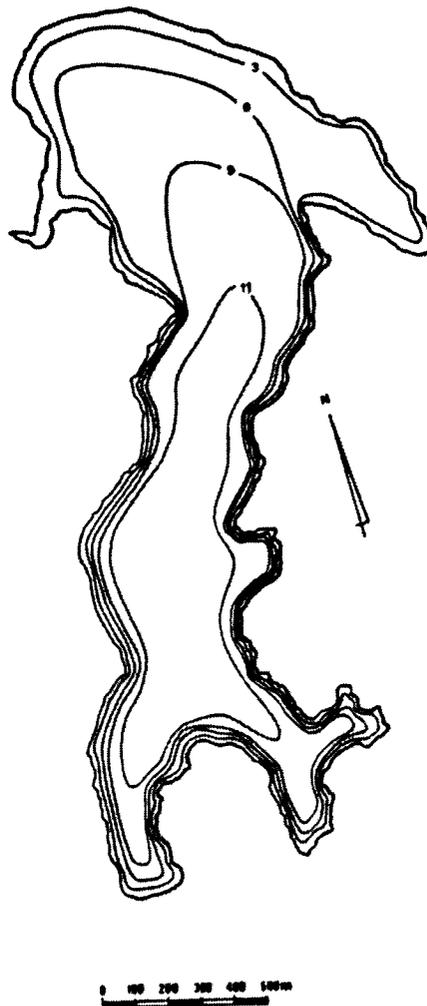


Figura 3 Batimetría laguna grande San Pedro, Octava región.

**Tabla N° 1:** Características morfométricas de la laguna San Pedro (Universidad de Concepción/DGA1985) (Parra et al 2003)

Latitud	36°51' S
Longitud	73°06' W
Altura	4 m.s.n.m.
Largo Máximo (lm)	2,675 km
Ancho Máximo (bm)	1,375 km
Ancho Medio (b)	582 m
Perímetro (P)	9,8 km
Área Superficial (A <sub>o</sub> )	1,55 km <sup>2</sup>
Área de la cuenca	12,7 km <sup>2</sup>
Desarrollo línea de costa (D <sub>l</sub> )	2,2
Profundidad Máxima (Z <sub>m</sub> )	13,5m
Profundidad Media (Z)	8,3m
Volumen (V)	0,0129 km <sup>3</sup>

El tiempo teórico de renovación del volumen del agua del lago se ha estimado en 2 años.

### 3.4 Clima

El sistema de lagos al cual pertenece la laguna San Pedro está localizado en la zona media y húmeda del área costera dentro del área de influencia Mediterránea (Fuenzalida, 1971). Según Cier-Serplac (1976) las precipitaciones incrementan de Oeste a Este debido al efecto climático de barrera que ejerce la Cordillera de Nahuelbuta. Desde el norte hacia los lagos más al sur del sistema, las precipitaciones varían entre 1.250 mm a cerca de 2500 mm. Las lluvias se concentran principalmente en invierno (Mayo-Octubre). La temperatura media anual es 12 a 13 °C. Desde Mayo a Agosto la dirección de viento dominante varía entre W y N y durante el resto del año varía entre S y SW. Esta alternancia es debida a una influencia anticiclónica durante el verano, y durante la influencia ciclónica con la aproximación del frente polar que es el que genera alteraciones atmosféricas en el invierno. (Parra, 2003)

### 3.5 Evaluación del Estado Trófico del Lago

La trofia de un lago depende principalmente del ingreso de nutrientes desde su cuenca hidrográfica. Se debe conocer esta carga y compararla respecto a la carga crítica o máxima que define la condición de trofia deseada.

Según DGA-POCH 2009, la evaluación actual del estado trófico de la Laguna Grande de San Pedro presenta una condición de Mesotrófico. (Tabla 2) Esta condición fue determinada según la clasificación indicada por Smith et al. 1999, donde el criterio determinante de clasificación es la concentración de clorofila a según indica la tabla 3

**Tabla N°2:** Determinación de la condición trófica en función de la concentración de Clorofila *a* en la laguna san Pedro (modificado de la Tabla N°19 de DGA-POCH, 2009).

Lago	Condición hidrodinámica	Clorofila <i>a</i> (ug/l)
Laguna Grande San Pedro	Estratificación (V)	4,8 (0,50-29,30)
	Mezcla (O-I-P)	4,9 (0,60-11,100)

V = verano; P = primavera; O = otoño; I = invierno.

**Tabla N°3:** 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 <i>a</i> (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	

El análisis a largo plazo (2003 - 2008) de la concentración de Clorofila *a* en la laguna Grande de San Pedro muestra que este sistema ha presentado históricamente una condición de Oligomesotrofia, la que se ha mantenido hasta el 2008 (Figura 4). El análisis temporal de la concentración de Fósforo inorgánico (PPIT) como nutriente limitante de la producción biológica indica que los valores de Fósforo han sido bajos y frecuentemente se han observado valores de 3 ug/l que representan el valor límite de detección analítica (Figura 4). Por el contrario, la concentración de PPTOT en el tiempo indica niveles meso-eutróficos entre el 2004 y parte del 2006 y niveles mesotróficos desde el 2006 hasta el 2008 (Figura 4). Estos resultados indican que la laguna Grande de San Pedro ha presentado en forma permanente una abundante biomasa que ha consumido el Fósforo inorgánico y mantiene una cantidad mínima de este nutriente en el sistema y que el Fósforo se encuentra incorporado en los organismos como la fracción orgánica y particulada del sistema. Por lo tanto y debido a que no hay nutrientes disponibles, la producción biológica no aumentaría y la condición trófica se mantendrá en los niveles actuales de Oligo-mesotrofia.

Figura N°4: Análisis Interanual de la condición trófica del Laguna Grande de San Pedro a) Clorofila a, b) Nutriente Limitante (fosforo Inorgánico total) c) fósforo total

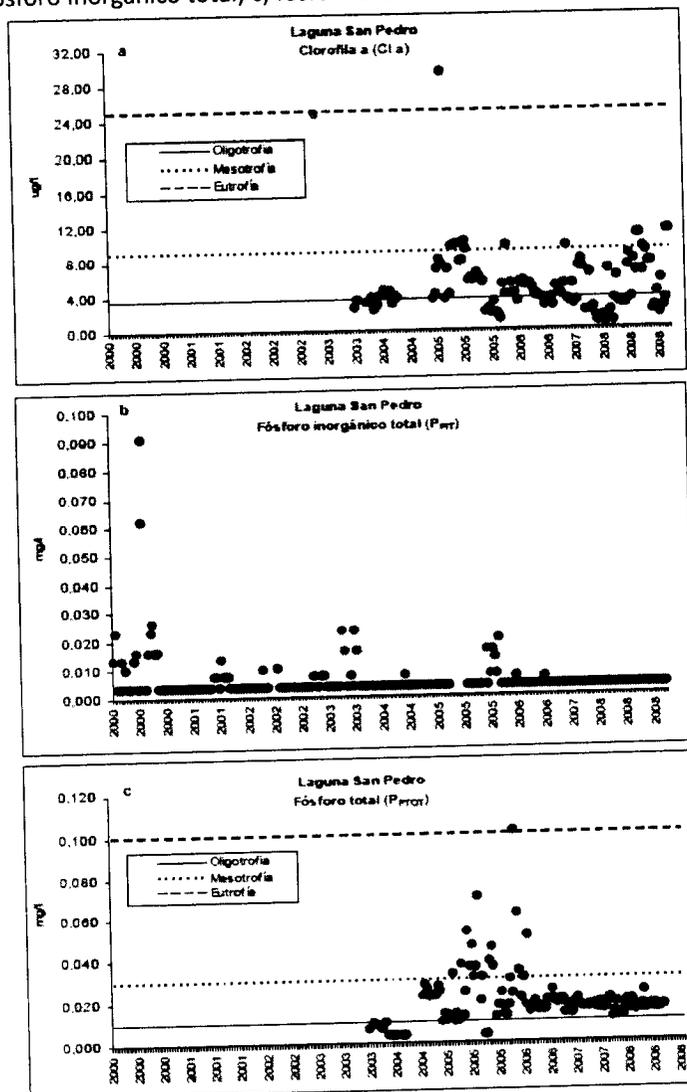


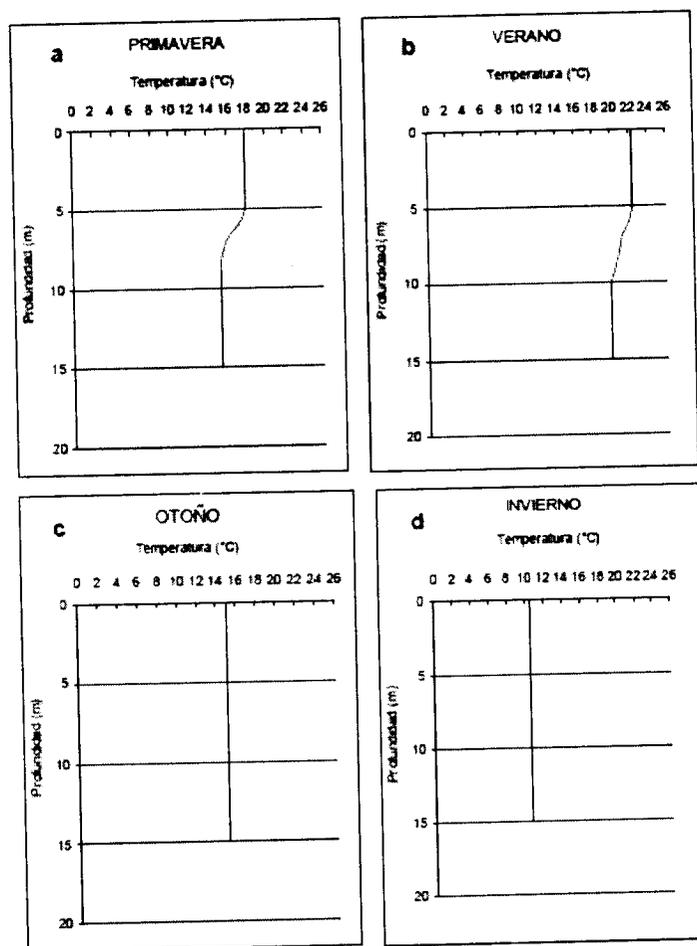
Tabla N°4: Valores de concentración de Nitrógeno total y Fósforo total y su asociación con la condición trófica en la laguna Grande de San Pedro (modificado Tabla N°20 de DGA-POCH, 2009).

Lago	Condición hidrodinámica	Nutriente limitante	Nitrógeno total (N <sub>NTOT</sub> ) µg/l	Fósforo total (P <sub>PTOT</sub> ) µg/l
Laguna Grande San	Estratificación (V)	Fósforo	316 (180-573)	19 (3-101)
	Mezcla (O-I-P)	Fósforo	293 (132-741)	20 (3-70)

V = verano; P = primavera; O = otoño; I = invierno; N<sub>NTOT</sub> = Nitrógeno total; P<sub>PTOT</sub> = Fósforo total

### 3.6 Estratificación térmica Laguna San Pedro

El estudio del año 2009 (DGA/Poch) destaca que si bien no hubo información de perfiles verticales de temperatura para la laguna Grande de San Pedro el patrón hidrodinámico fue inferido en función de los valores de oxígeno disuelto y temperatura obtenidos de la base de datos considerando los registros entre 1989 y 2008. Para la laguna Grande de San Pedro se dedujo la ocurrencia de una estratificación anual, la cual surgiría durante el verano. La estratificación comienza en primavera, se desarrolla en verano y decae antes que termine el verano. La estratificación que surge en el verano genera un Metalimnion entre 6 y 9 m (Figura 5). La temperatura promedio del Epilimnion en primavera es 17,9 °C y en verano es 24,0 °C. La columna de agua está mezclada en otoño y se mantiene así en invierno. En base a estos resultados es posible indicar que la laguna Grande de San Pedro muestra un comportamiento similar a los lagos Araucanos como un lago monomítico temperado con estratificación de verano. Este patrón hidrodinámico fue observado en las tres estaciones de muestreo de la DGA: Centro, Desagüe y Sur.



**Figura 5** Variación estacional de la condición hidrodinámica de la laguna Grande de San Pedro (Estaciones Centro, Desagüe y Sur). a) Inicios de la estratificación en primavera, b) estratificación en verano, c) Mezcla en otoño y d) Mezcla en invierno.

### 3.7 Resultados de Fitoplancton

En agosto 2011 la Laguna San Pedro presentó un total de 52 especies de fitoplancton, de las cuales corresponden a: 22 Chlorophyceae, 16 Bacillariophyceae, 6 Cyanophyceae, 4 Cryptophyceae, 3 Dinophyceae y 1 Chrysophyceae. La Laguna de San Pedro durante el mes de agosto de 2011 presentó un promedio de 64.881 Cél/L dominadas por *Anabaena spiroides*, *Aulacoseira granulata* y *Aulacoseira distans*. En el mes de enero de 2012 el fitoplancton de esta laguna estuvo dominado por una Cyanophyceae *Microcystis aeruginosa*, acompañada por *Aulacoseira distans*, *Aulacoseira granulata*, *Ceratium hirundinella* y *Closterium acutum*, con un promedio de Cél/L de 32.943, menor incluso que el registrado durante enero de 2011, cuyo promedio fue de 47.328 Cél/L (DGA/EULA 2012).

La composición de fitoplancton en Agosto de 2012 presentó un dominio de las clases Cyanophyceae y en segundo lugar Bacillariophyceae. Se destacan como más abundante cuantitativamente las colonias de *Microcystis* spp. Y la diatomea *Aulacoseira granulata* con 38359 cel/Lt y 15130 cel/Lt respectivamente. (Tabla 5)

La figura 6 describe resultados de la laguna grande de San Pedro a diferentes profundidades de la columna de agua. Se observa que la clase dominante varía según la época del año, denotando que las clases más abundantes son Bacillariophyceae y Cyanophyceae, este último grupo se debe tener en consideración ya que existen variaciones en las especies que pueden causar efectos como dermatitis en seres humanos, lo cual se genera especialmente en condiciones de eutroficación.

Tabla 5 Abundancia y porcentaje de especie de fitoplancton encontrado en la Laguna Gran de San Pedro a diferentes profundidades y fechas (2-8-2011, 17-1-2012 7-8-2012 Celdas de color naranja indican dominancia de especie.

LAGO	San Pedro											
	ESTACION	SECTOR OESTE										5 m
		02/08/2011		17/01/2012		07/08/2012		17/01/2012		07/08/2012		
FECHA MUESTREO	Superficie		5 m		superficie		3 m		Superficie		5 m	
	Cél/L	Porcentaje	Cél/L	Porcentaje	Cél/L	Porcentaje	Cél/L	Porcentaje	Cél/L	Porcentaje	Cél/L	Porcentaje
<b>CYANOPHYCEAE</b>												
<i>Anabaena spiroides</i> (Fil/L)	20294		10566	19,90%	834	3,57%	278	0,65%			1869	1,78%
<i>Anabaena</i> spp.												
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Col/L)	5282	7,31%	1390	2,62%	7784		17236		38359		42008	
<i>Microcystis</i> spp. ( <i>Cenobio</i> )												
<i>Microcystis elachista</i> (Col/L)	834	1,15%	278	0,52%								
<i>Gomphosphaeria lacustris</i> (Col/L)	834	1,15%	556	1,05%	834	3,57%	834	1,96%				
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Aulacoseira granulata</i>	11398	15,77%	13344		2224	9,52%	2224	5,23%	15130	16,31%	27946	
<i>Aulacoseira distans</i>	17514	24,23%	13066	24,61%	3058	13,10%	7784	18,30%		0,00%	1335	1,27%
<i>Cyclotella</i> spp.												
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	4170	5,77%	3336	6,28%	278	1,19%	278	0,65%				
<i>Cymbella minuta</i>			278	0,52%					178	0,19%		0,00%
<i>Diatoma</i> sp.												
<i>Diatoma vulgare</i>			556	1,05%								
<i>Fragilaria crotonensis</i>	2224	3,08%	556	1,05%	278	1,19%						
<i>Fragilaria ulna</i>	834	1,15%	278	0,52%	278	1,19%	278	0,65%				
<i>Fragilaria virescens</i> v <i>exigua</i>					556	2,38%						
<i>Fragilaria</i> sp.									2225	2,40%	1157	1,10%
<i>Fragilaria</i> sp2.			2224	4,19%								

<i>Hannaea arcus</i>	278	0,38%	278	0,52%					178	0,19%		0,00%
<i>Gomphonema</i> sp.	278	0,38%										
<i>Gyrosigma</i> sp.			278	1,19%								
<i>Navicula viridula</i>	278	0,38%				278	0,65%		623	0,67%	267	0,25%
<i>Navicula</i> sp.									979	1,06%	1157	1,10%
Otras diatomeas penadas	1112	1,54%	1390	2,62%	278	1,19%	1390	3,27%				
Otras diatomeas centricas			278	0,52%								
<b>DINOPHYCEAE</b>												
<i>Peridinium inconspicuum</i>	278	0,38%			556	2,38%	278	0,65%				
<i>Peridinium williei</i>	278	0,38%			278	1,19%	278	0,65%				
<i>Ceratium hirundinella</i>					1946	8,33%	2224	5,23%			624	0,59%
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>												
<i>Rhodomonas minuta</i>	278	0,38%	278	0,52%								
<i>Rhodomonas lacustris</i>	1668	2,31%	1112	2,09%			556	1,31%	1869	2,02%	1424	1,35%
<i>Rhodomonas</i> spp.												
<i>Cryptomonas erosa</i>	834	1,15%	278	0,52%	834	3,57%	834	1,96%	2937	3,17%	1691	1,61%
<i>Cryptomonas ovata</i>					278	1,19%						
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>												
<i>Mallomonas</i> sp.			556	1,05%					4272	4,61%	2848	2,71%
<b>CHLOROPHYCEAE</b>												
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>			278	0,52%								
<i>Closterium acutum</i>	278	0,38%			1668	7,14%	3336	7,84%	2047	2,21%	3293	3,13%
<i>Coelastrum</i> spp.									712	0,77%		
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	278	0,38%			556	2,38%	1668	3,92%				
<i>Dictyosphaerium</i> spp.									5607	6,05%	4361	4,15%
<i>Dimorphococcus lunatus</i>	556	0,77%			556	2,38%	278	0,65%				
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>					278	1,19%			1602	1,73%	890	0,85%
<i>Cél sueltas de Botryococcus braunii</i>	1112	1,54%	556	1,05%								



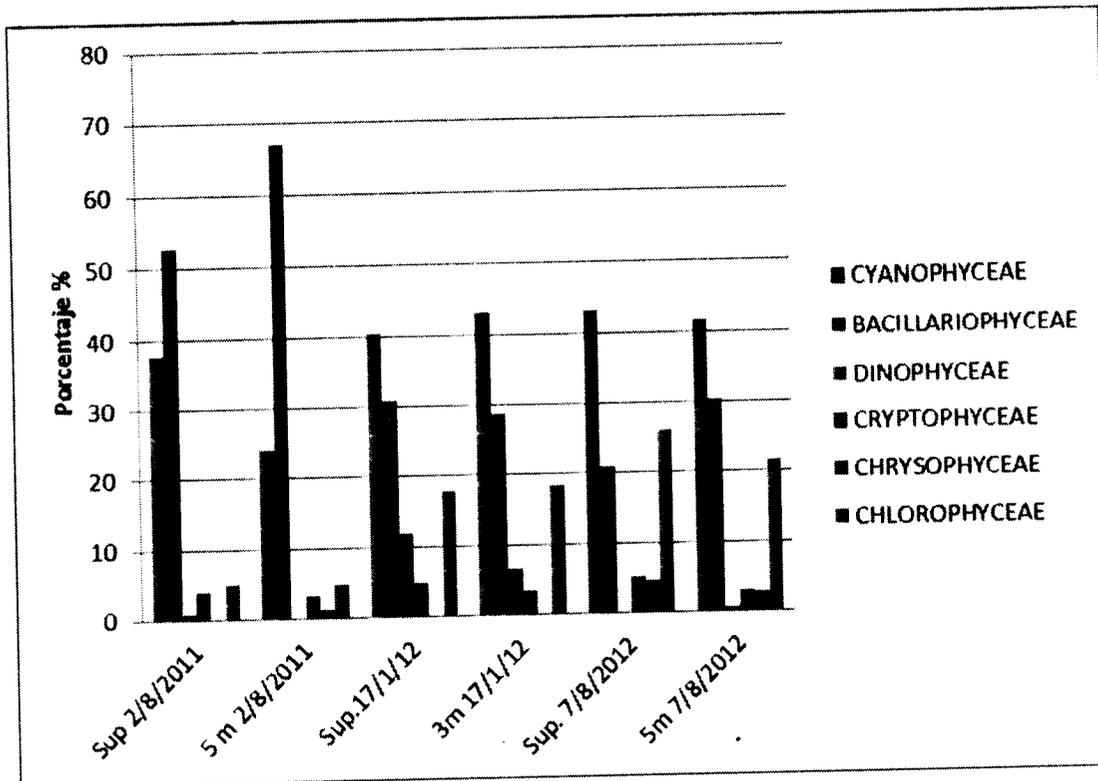


Figura 6. Abundancia de Fitoplancton por Clase en estación centro de Laguna San Pedro a diferentes profundidades y fechas (2-8-2011, 17-1-2012 y 7-8-2012).

#### 4. MONITOREO DE LAGUNA GRANDE DE SAN PEDRO

##### 4.1 Objetivo monitoreo

Un programa de monitoreo que debe ser capaz de seguir los diferentes cambios de la evolución biótica y abiótica de un sistema y que permita evaluar la condición trófica de la laguna grande de San Pedro con una mirada preventiva.

##### 4.2 Nuevo Monitoreo a Implementar.

Hasta el año 2010 se llevó a cabo un monitoreo en la laguna Grande de San Pedro, en el cual se recopiló información durante 20 años, esta información permitió reevaluar este monitoreo, el cual queda expresado en la tabla 6, esta modificación toma como base la propuesta de monitoreo sugerido en el informe de DGA/Poch, 2009

**Tabla N°6:** Nuevo muestreo a Implementar por la DGA en la laguna Grande de San Pedro

Lago	Estaciones	Coordenadas UTM Datum PSDA 56, Huso 19	Código BNA (Número)
San Pedro	Sector Centro	5913729 N - 133856 E	08822013-7
Periodos y profundidad de muestreo	Invierno (Julio-Agosto)	0m/3m	
	Verano (Enero – Febrero)	0 m/3m	
<b>Parámetros</b>			
1. Físicoquímicos	Temperatura, Cond. Espec, pH, Oxígeno disuelto, % Sat. de oxígeno, Transparencia, DQO, Turbidez		
2. Nutrientes	N-NO <sub>3</sub> , N-NO <sub>2</sub> , N-NH <sub>4</sub> , Nitrógeno total, P-PO <sub>4</sub> , Fósforo total.		
3. Parámetros biológicos	Clorofila a (ug/m <sup>3</sup> )		
	Fitoplancton (cel/ml) (abundancia y composición)		

Debido a la tasa de renovación de la laguna Grande de San Pedro y los constantes cambios de las actividades antrópicas de la cuenca se recomienda integrar al monitoreo el análisis de sedimentos en términos de Nitrógeno total, Fosforo total.

#### 4.3 Técnicas Analíticas, Límites de detección

**Tabla N°7:** Métodos de las variables fisicoquímicas Laboratorio Ambiental de la DGA.

PARAMETRO	LIMITE DE DETECCION	METODOLOGIA	REFERENCIA
Transparencia metros	0.5 m	Disco Secchi	DGALGOTR1/2009 Método de Análisis Interno (*)
Temperatura °C	0.01	Termométrica	Standard Methods N° 2550 B
Conductividad µS/cm	0.1	Celda de Conductividad	Standard Methods N° 2510 B
pH	0.001	Electrodo específico	Standard Methods N° 4500- H
Oxígeno Disuelto mg/l	0.01	Electrodo Especifico	Standards Methods N° 4500- O G
N-Total mg/l	10 ug/L de N	Espectrofotometría absorción molecular	Standard Methods N° 4500- N C
N-NO <sub>3</sub> mg/l	0.002 mg/L de N-NO <sub>3</sub>	Salicilato Sódico	Rodier, 1981
N-NO <sub>2</sub> mg/l	0.001 mg/L de N-NO <sub>2</sub>	Método de Diazotización	SMEWW 19 <sup>th</sup> Edition, Methods 4500-NO <sub>2</sub> , Hach Method 8507, USEPA Approved
N-NH <sub>3</sub> mg/l	0.01 mg/L de N-NH <sub>3</sub>	Método Nessler	Hach method 8038, USEPA Approved
P-Total mg/l	3 ug/L de P	Espectrofotometría de Absorción Molecular	Standard Methods N° 4500 P-E
P-PO <sub>4</sub> mg/l	0.003 mg/L de P-PO <sub>4</sub>	Método del Acido Ascórbico/E.A.M	SMEWW 19 <sup>th</sup> Edition, Methods 4500-P E. Hach Method 8048, USEPA Approved
Clorofila "a"	0.1 ug/L de Clorofila	Espectrofotometria de	Standard Methods N° 10200 H

ug/L	"a"	absorción molecular	DGALGOCL1/2009: Método análisis interno (*)
Fitoplancton Nº de células /litro	-	Método Uthermol	-
Sedimento	-	Draga 0.1 m <sup>2</sup> de mordida	Resolucion ambiental vigente Subpesca N° 3612/2009 numeral 26,27,28 (*) Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life 2002 (*)

(\*) Esta Metodología está sujeta a cambio

## 5. PUBLICACIÓN Y USO 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. Con los datos disponibles, se realizarán informes técnicos, a solicitud de algún interesado o cuando se produzcan eventos ambientales que lo requieran.

## 6. CONCLUSIONES

Se recomienda la implementación del monitoreo propuesto en la Tabla N°6 e integrar el análisis de sedimentos.

## 7. REFERENCIAS

1. CIER-SERPLAC. 1976. *Atlas Regional, VIII Región del Biobío*. Chile.
2. Fuenzalida, H. 1971. *Climatología de Chile*. Publicación Int. Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 73 pp.
3. Dellarossa, V., Ugarte, E. y O. O. Parra. 1976. "Estudios Limnológicos de las Lagunas Chica de San Pedro, La Posada y Lo Méndez. Aspectos cuantitativos del Fitoplancton invernol y su relación con algunas características físicas y químicas del ambiente. Bol. Soc. Bio1. Concepción, 50:87-101.
4. DGA/UDEC. 1985. "Estudio limnológico de la laguna grande de San Pedro y del lago Lanalhue"
5. Parra, O., Valdovinos, C., Urrutia, R., Cisternas, M., Habit, E. y M. Mardones. 2003. "Caracterización y Tendencias Tróficas de Cinco Lagos Costeros de Chile Central", *Limnetica* 22(1-2), 51-83.
6. POCH-DGA. 2009. "Redefinición de la Red Mínima de Lagos".

7. Universidad de Concepción/DGA. 1985. *Estudio de la laguna grande de San Pedro y del lago Lanalhue*. Laboratorio de Limnología y Ficología del Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Biológicas y de Recursos Naturales, Universidad de Concepción, Chile.

## 8. ANEXOS

### 8.1 Anexo 1: Resultados históricos de calidad de agua relevantes que respaldan la modificación del monitoreo propuesto

#### 8.1.1 Limitación por Sílice

Según el Informe Final Sobre "Redefinición de la Red Mínima de Lagos" realizado por POCH Ambiental S.A. para la DGA y Publicado en Octubre del 2009, se muestra que la laguna Grande de San Pedro no tiene limitación de producción biológica por sílice. Esto según las Razones de Redfield-Brzezinski (1985) y Redfield (1934) que indican que si el valor de la razón  $\text{SiO}_2/\text{N}_{\text{NIT}}$  es menor a 2 (en gramos) indica limitación por Sílice, y el valor de la razón  $\text{SiO}_2/\text{P}_{\text{PIT}}$  es menor a 14(gramos) indica limitación por Sílice.

**Tabla N° 8A:** Determinación del nutriente limitante de la producción biológica. La tabla muestra las razones  $\text{Si}/\text{N}_{\text{NIT}}$  y  $\text{Si}/\text{P}_{\text{PIT}}$  (modificado de la Tabla N°7 del Informe POCH-DGA 2009).

Lago	$\text{Si}/\text{N}_{\text{NIT}}$	$\text{Si}/\text{P}_{\text{PIT}}$
Laguna grande de San Pedro	11 - 1.300	92 - 1.833

**Tabla N° 8B:** Determinación del Nutriente Limitante de la Producción biológica. La tabla muestra el nutriente limitante que resulta de la determinación de las razones de Si con el N y el P. En paréntesis se indica el numero de casos en que el nutriente indicado delante del paréntesis fue el nutriente limitante (modificado de la Tabla N°8 del Informe POCH-DGA 2009)

Lago	$\text{Si}/\text{N}_{\text{NIT}}$	$\text{Si}/\text{P}_{\text{PIT}}$
Laguna Grande de San Pedro	N (108 de 108 casos)	P (45 de 45 casos)

#### 8.1.2 Limitación por Nitrógeno v/s Fósforo

La laguna Grande de San Pedro, presenta limitación por Fósforo, la que fue observada independientemente de la condición hidrodinámica de la columna de agua, ya que con mezcla o con estratificación térmica, el fósforo fue el nutriente limitante de la producción biológica en la columna de agua.

**Tabla N°9:** Valores de la Razón  $\text{N}_{\text{NIT}} / \text{P}_{\text{PIT}}$  (Razón de Redfield) en diferentes condiciones hidrodinámicas de la laguna Grande de San Pedro. (Modificado de la Tabla N°12 del Informe POCH-DGA 2009)

Sistema	Estación	Condición Hidrodinámica	$\text{N}_{\text{NIT}} / \text{P}_{\text{PIT}}$
Laguna Grande De San Pedro	Centro	Estratificación (V)	P ( 33 de 63casos)
	Desagüe	Mezcla (O-I-P)	P (121 de 176 casos)

	Sur		
--	-----	--	--

V= verano, O= otoño, I= invierno; P= primavera

Limitación por Nitrógeno (N)	Limitación por Fósforo (P)	Limitación por Nitrógeno y Fósforo (N-P)
------------------------------	----------------------------	--

Además en el Informe POCH-DGA 2009, se analiza la variación estacional de la concentración de nutrientes limitantes para la producción de biomasa, los resultados indican que la laguna Grande de San Pedro presenta limitación por Fósforo independiente del periodo estacional, según muestra la Tabla N°10

**Tabla N°10:** Valores de la razón  $N_{NIT} / P_{PIT}$  (Razón de Redfield) medidos en la Laguna Grande de San Pedro en diferentes periodos estacionales.

Sistema	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Laguna Grande de San Pedro	P (56 de 73 casos)	P (38 de 54 casos)	P (33 de 63 casos)	P (27 de 49 casos)

Limitación por Nitrógeno (N)	Limitación por Fósforo (P)	Limitación por Nitrógeno y Fósforo (N-P)
------------------------------	----------------------------	--

  
**MARYSOL AZÓCAR GUTIERREZ**

**DEPTO. DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS  
 DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**