

PROGRAMA Y PLAZOS DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMA...

Se propone:

- Desde la entrada en vigencia del presente decreto, las fuentes emisoras existentes deberán continuar informando todos sus residuos líquidos, mediante los procedimientos de medición y control establecidos en la presente norma. Las fuentes emisoras nuevas deberán caracterizar e informar todos sus residuos líquidos, mediante los procedimientos de medición y control establecidos en la presente norma. Aquellas fuentes emisoras que pretendan valerse del contenido del cuerpo de agua receptor acorde con lo previsto en el punto 4.1.7, deberán solicitar el informe de dichos contenidos a la autoridad competente correspondiente (DIRECTEMAR, SHOA o DGA) .

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL MONITOREO

Dice:

- *Las fuentes emisoras deben cumplir con los límites máximos permitidos en la presente norma respecto de todos los contaminantes normados.*
- *Los contaminantes que deben ser considerados en el monitoreo serán los que se señalen en cada caso por la autoridad competente, atendido a la actividad que desarrolle la fuente emisora, los antecedentes disponibles y las condiciones de la descarga.*

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL MONITOREO

Se propone:

- Las fuentes emisoras deben cumplir con los límites máximos permitidos en la presente norma respecto de los parámetros asociados al punto de descarga (tablas 1,2,3,4,5)
- Los parámetros que deben ser considerados en el monitoreo serán los mismos por los cuales la fuente emisora fue clasificada como tal.
- Corresponderá a la Autoridad competente según sea el caso, determinar el contenido del cuerpo de agua receptor.

Comentario:

Será necesario evaluar si cada Autoridad competente dispone del personal idóneo y del presupuesto para hacer estas determinaciones.

Número de Muestras

ii) Medición de Caudal y Tipo de Muestra

Dice:

- La medición del caudal informado debería efectuarse con las siguientes metodologías de acuerdo al volumen de descarga:
- Mayor a 300 m³/día se debe utilizar una cámara de registro de medición y caudalímetro con registro diario.

Comentario:

- ¿ Se exigirá contar con un caudalímetro, en el caso de aducciones de agua de mar, en las cuales no existen otros aportes previos a la descarga al mismo mar, o bien, será aplicable otra metodología, según lo indicado en el segundo párrafo de este punto?.

**Consultorías AGIES Kristal Ing.
Ambiental y CICA Consultores**

- Al grupo Descarga al Mar le interesa conocer las fuentes de información utilizadas por la consultora AGIES Kristal para realizar la evaluación del impacto ambiental y económico que originarían los cambios al DS N°90 ya que ninguno de las instituciones que integran el Comité Aguas marinas fue consultado.
- Asimismo los Estudios de CICA Consultores sobre Aguas marinas tiene serios reparos sobre la calidad de la información usada en este, lo que invalida a juicio nuestro toda validez a este.

CONCLUSION FINAL

- Este Grupo de Trabajo estima que no deben efectuarse cambios que alteren el espíritu de la Norma actual y que los cambios que se efectúen estén basados en datos duros.
- Las modificaciones en todo caso deben tender a hacerla mas operativa y eficiente, sin crear de modo infundado restricciones a las actividades productivas nacionales.
- El Grupo de Trabajo ofrece seguir trabajando y dando su mas amplia colaboración a CONAMA en pos de lograr una mejor Norma de emisión

***Proceso de revisión de DS-90
Observaciones más relevantes***

***Cláusulas sobre
"Monitoreo y Control"***

Las temáticas observadas corresponden al punto 6. del actual decreto supremo:

Debe hacer referencia exclusivamente a NCh 411/10-2005, en atención a que dicha norma en su versión actualizada establece todos los requerimientos técnicos y directrices necesarias para el Muestreo de aguas residuales.

No cabe citar otras normas 411 que son sólo guías y tampoco Standard Methods que define exigencias distintas a las establecidas a nivel nacional.

En el punto se considera necesario eliminar completamente el texto y la tabla 6, ya que todos estos requerimientos están contenidos en NCh 411/10 Of.2005, y ello queda explicitado en 6.2.

2005

Aclarar en el decreto que los controles de pH, temperatura, cloro residual y parámetros bacteriológicos, se deben analizar sobre muestra puntual.

En el caso del resto de los parámetros físico-químicos de control, cada muestra compuesta debe estar constituida por la mezcla homogénea de muestras puntuales proporcionales al caudal de descarga, el que deberá ser medido y registrado en cada recolección de muestra puntual.

Eliminar último párrafo referido a submuestras, ya que muchas descargas no llevan aguas residuales suficientes como para realizar la delicada operación de recolectar una muestra en superficie e interior del fluido. Por otra parte, la utilización de equipos automáticos en la recolección de muestras, hace casi impracticable esta disposición.

En el caso de Volumen de descarga menor a 30 m³/día, se dice que el caudal de descarga deberá estimarse a través del consumo de agua potable y de las fuentes propias.

Al respecto y dado que los MAP registran el consumo acumulado en el tiempo, no el caudal en el momento de recolectar las muestras puntuales, se debiera aclarar cuál es el caudal que se utilizará para generar la muestra compuesta.

8329570

En el punto 6.4.1, se propuso eliminar la cita a ensayo de toxicidad en remuestreo para DBO_5 , dado que en la actual norma del método NCh 2313/5-2005, ya no figura esta metodología, ni el anexo B mencionado.

EL GRUPO COMISIÓN 3, EMITIRÁ POSTERIORMENTE NUEVAS OBSERVACIONES A ESTE PUNTO, YA QUE AJUN SE ENCUENTRA EN ESTUDIO.

Se propuso citar la referencia como serie de normas chilenas oficiales NCh 2313 "Aguas Residuales. Métodos de Análisis", sin indicar año ni número, de manera que c/u pueda actualizarse en forma independiente y no se señale referencias que puedan ir quedando obsoletas con el tiempo.

La serie NCh 2313 compuesta por 33 normas, debe revisarse a la par de DS-90. No tiene sentido modificar límites máximos permisibles o introducir nuevos parámetros, si no hay revisión de normas que ya tienen más de 10 años y en las cuales falta definir criterios específicos de aseguramiento de calidad, verificación de desempeño de métodos y calidad analítica de resultados.

La comisión identificó 8 de estas normas como las más urgentes de revisar, ellas son: PE, DQO, NKT, P, CN, Cr, Índice de ferriol, A y G.

Se recomendó a CONAMA solicitar oficialmente este trabajo al INN, estando a la fecha financiada la actualización de 3 de ellas: Poder espumógeno, NKT y Fósforo.

Deberían definirse los criterios mínimos de desempeño analítico respecto a límite de detección, precisión y exactitud de resultados, a cumplir por los laboratorios en la ejecución de los distintos métodos de aguas residuales, tomando como modelo el Manual SISS 2007 para Agua Potable que exigió estos aspectos.

Estas exigencias tienden a mejorar reproducibilidad de resultados a nivel nacional y disminuir la disparidad entre los distintos laboratorios que se observa hoy.

Al respecto la SISS, ha definido establecer estas exigencias mediante un estudio a desarrollar durante el año 2009.

Se propuso eliminar completamente el punto 6.6, en atención a que no corresponde que aparezca en una norma de requisitos un detalle metodológico de determinación analítica.

Por otra parte, esta metodología para descuento algai fue incluida en la norma de método de DBO5 NCh 2313/5, en su versión actualizada del año 2005.

La misma modalidad debiera adoptarse para NCh 2313/3 SST, en caso que realmente se vaya a permitir el descuento por concepto de la presencia de microalgas para este parámetro.

Esta flexibilidad y el uso de la clorofila como forma de control para obtener la correlación, debiera ser discutida y analizada como un punto relevante dada la experiencia real en su aplicación en estos años, la modernización en los tratamientos y que de alguna manera se contradice con el hecho de que los resultados deberán referirse a valores totales en los contaminantes que corresponda, exigido en punto 6.5 anterior.

Otras observaciones relevantes planteadas al borrador versión 6:

En ~~la propuesta~~, se propone eliminar las definiciones de sólidos sedimentables y sólidos suspendidos, en atención a que la diferenciación está suficientemente aclarada en la metodología analítica dada por la respectiva norma NCh 2313. De lo contrario procedería la definición de todos y cada uno de los parámetros normados y no dar énfasis a alguno en particular.

En ~~la propuesta~~, se reestudiar el valor de cloruro 400 mg/l en Tabla 1, de manera que se ajuste a la regulación de su contenido en agua potable según nueva NCh 409/f-2005, donde este parámetro subió de 250 a 400 mg/l.

En ~~la propuesta~~, se propone que cuando la descarga se vierta a cuerpos de aguas fluviales que luego sean afluentes de un cuerpo de agua lacustre, se defina una distancia aguas arriba del punto de confluencia entre río y lago, que queda afecto a la restricción.

COMITÉ AMPLIADO REVISIÓN DS 90**GRUPO 3: MONITOREO Y CONTROL****Otras Observaciones**

Observaciones

"No se considerará fuente emisora a aquellas descargas inferiores a un volumen de 5 m³/d que excedan los valores característicos de la Tabla para temperatura, sólidos sedimentables y poder espumógeno".

Observación 1:

Se ha planteado que un establecimiento calificará como fuente emisora si posee una carga contaminante media diaria superior a la equivalente a 100 habitantes. ***En este contexto el volumen de 5 m³/d no es justificable como volumen de aguas servidas generado por 100 habitantes equivalentes.***

Justificación

EMPRESA	LOCALIDAD	CONSUMO PROMEDIO M ³
Agua Poligonales S.A.	Coyhaique	10,4
Agua Araucanía S.A.	Temuco	10,0
ESSAL S.A.	Puerto Montt	11,0
Agua del valle S.A.	La Serena	10,8
Agua Nuevo Sur Maule S.A.	Talca	10,1
Agua Chofel S.A.	Copiapó	11,7
ESVAL S.A.	Valparaíso	10,8
Agua Magallanes S.A.	Punta Arenas	12,9
ESSBIO S.A.	Concepción	11,5
	Rancagua	11,5
Agua Deline S.A.	Valdivia	12,9
Agua del Altiplano S.A.	Iquique	12,8
	Arica	12,8
Agua Antofagasta S.A.	Antofagasta	18,8
Servicomunal S.A.	Colina	12,5
Servilimp S.A.	Lampa	12,5
SMAPA	Moripó	15,7
Agua Andes S.A.	Santiago	15,2
Copagua Ltda.	Santo Domingo	10,1
Agua Cordillera S.A.	Los Andes	28,2
Agua los Dominicos S.A.	Los Dominicos	60,7

Si se considera los consumos residenciales típicos en Chile, asumiendo coeficiente de recuperación de 0,8 y una densidad de 3,5 hab/viv (Censo 2002) se obtiene, un volumen de aguas servidas promedio de 9,5 m³/d para 100 habitantes.

Por lo tanto, un volumen más coherente para 100 habitantes equivalentes corresponde a **10 m³/d**

Fuente: SISS, Boletín Aguas Claras N°16, Ago 2008

Observación 2

Se indica en el texto que no se considerará fuente emisora a aquellas descargas de volumen menor a 5 m³/d y que excedan los valores definidos como característicos para los parámetros temperatura, sólidos sedimentables y poder espumógeno.

- a) **No se dice nada respecto al pH.**
 b) **Qué pasa con los coliformes fecales?**

Independientemente del número de habitantes, las aguas servidas tendrán concentraciones de coliformes fecales en torno a 10⁷ NMP/100 ml. **En este contexto, siguiendo el espíritu de la calificación de fuente emisora, debería explicitarse que las aguas servidas generadas por menos de 100 habitantes equivalente no están regidas por esta norma y eliminar la concentración de coliformes fecales para efectos de Calificación de Fuente Emisora.**

**“APOYO PROFESIONAL PARA EL
DESARROLLO DEL ANÁLISIS GENERAL DE
IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL (AGIES) DE
LA REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN
PARA LA REGULACIÓN DE CONTAMINANTES
ASOCIADOS A LAS DESCARGAS DE
RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS MARINAS Y
CONTINENTALES SUPERFICIALES”**

MARZO 2009

OBJETIVO DE LA PRESENTACIÓN

Exponer al Comité Ampliado del proceso de revisión del DS90, la consultoría del AGIES DS 90.

Objetivos del Estudio TDR

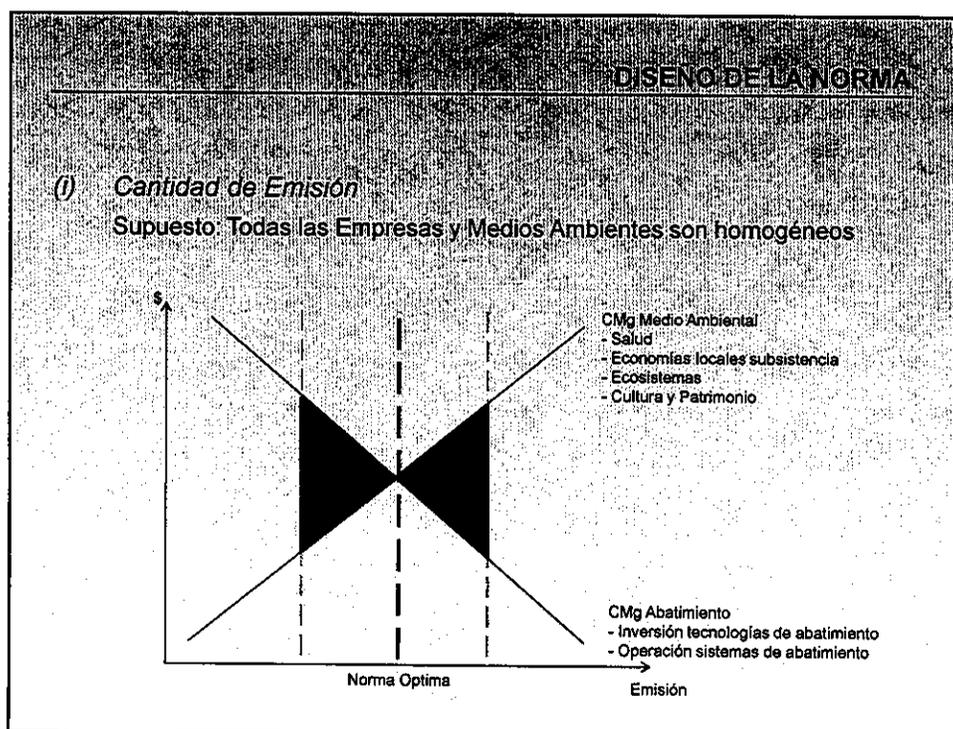
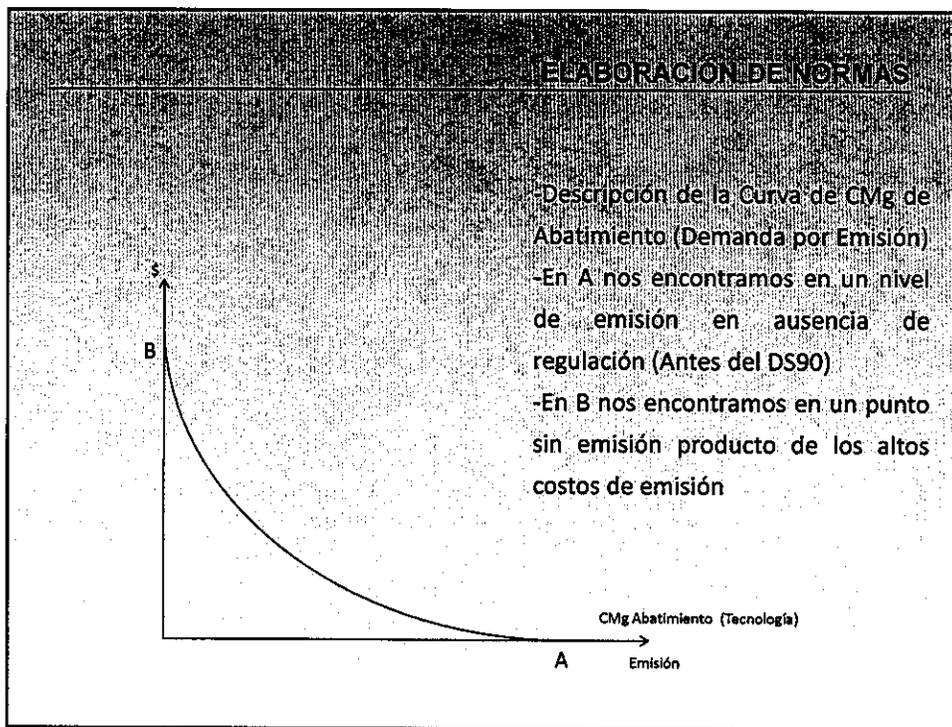
- Definir los impactos (Costos v/s Beneficios) que generará los cambios en la norma y establecer con precisión aquellos que serán considerados para efectos de valoración.
- Realizar la valoración (Cuantitativa y Cualitativa) de los impactos definidos anteriormente.
- Aportar antecedentes a CONAMA y a los Comités que participan del proceso de revisión de la norma.

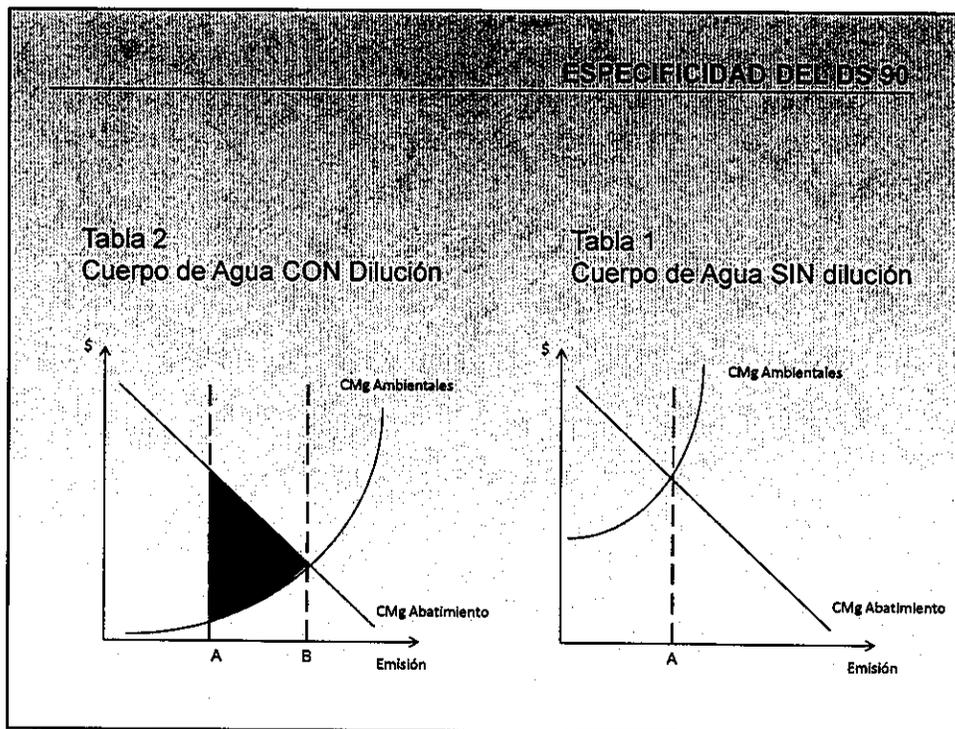
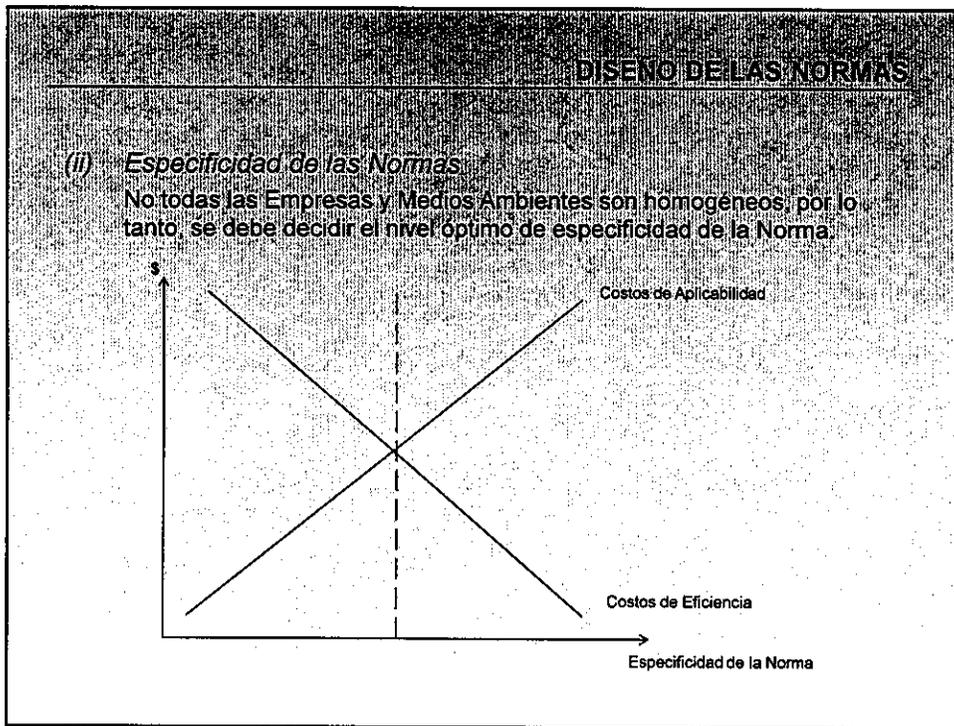
INDICE

- I. Acercamiento teórico a la elaboración de Normas
- II. Acercamiento teórico a la revisión de Normas

I. ACERCAMIENTO TEORICO A LA ELABORACION DE NORMAS

1. Elaboración de Normas
 - Como solución a un Fallo de Mercado (Externalidad)
 - La Norma fijada debe ser EFICIENTE, para lograr el óptimo deseado.
2. Diseño de la Norma:
 - Cantidad de Emisión
 - Especificidad de la Norma





002523

ESPECIFICIDAD DEL DS 90

El DS90, con su carácter normativo a nivel de todo el territorio nacional, tiene un grado de especificidad dado por 5 tablas que reconocen los diversos cuerpos de aguas receptores.

- Tabla 1: Descargas a cuerpos de agua fluviales sin dilución.
- Tabla 2: Descargas a cuerpos de agua fluviales con dilución
- Tabla 3: Descargas a cuerpos de agua lacustres
- Tabla 4: Descargas a cuerpos de agua marinos dentro de ZPL
- Tabla 5: Descargas a cuerpos de agua marinos fuera de ZPL

II. ACERCAMIENTO TEÓRICO SOBRE LA REVISIÓN DE NORMAS

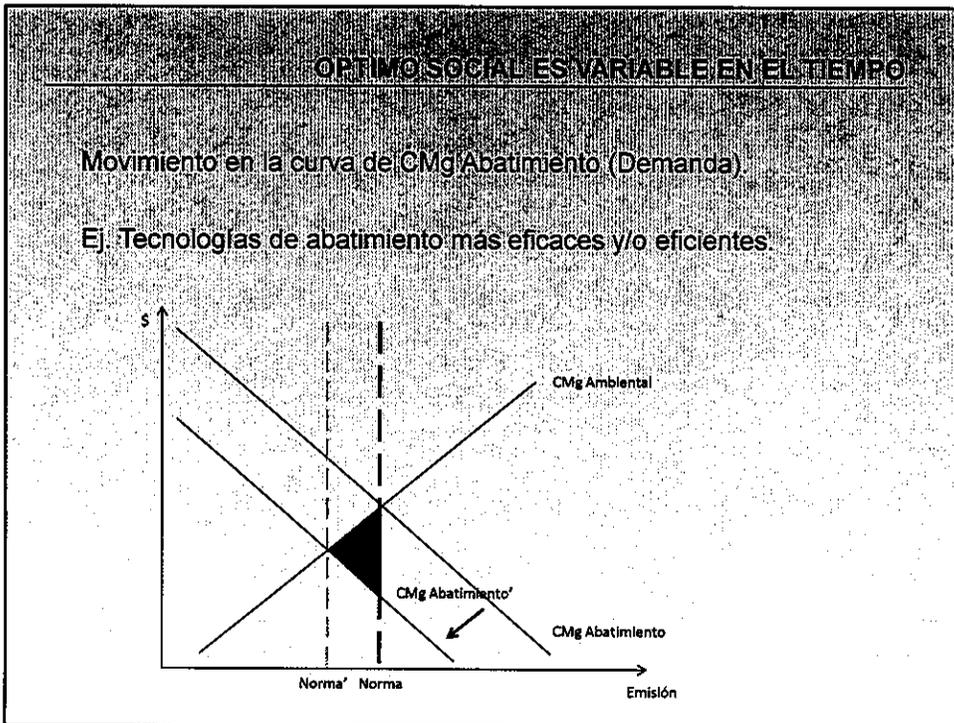
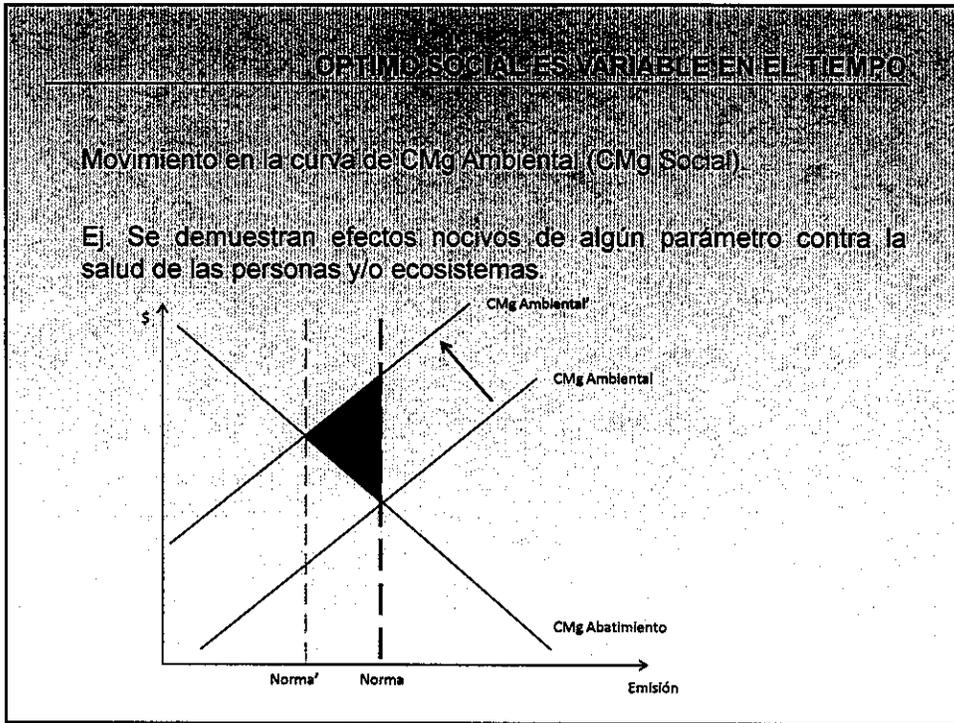
1. ¿PORQUÉ SE DEBEN REVISAR LAS NORMAS?
2. ¿QUE PODRÍA OCURRIR SI LAS NORMAS NO SE REVISAN?

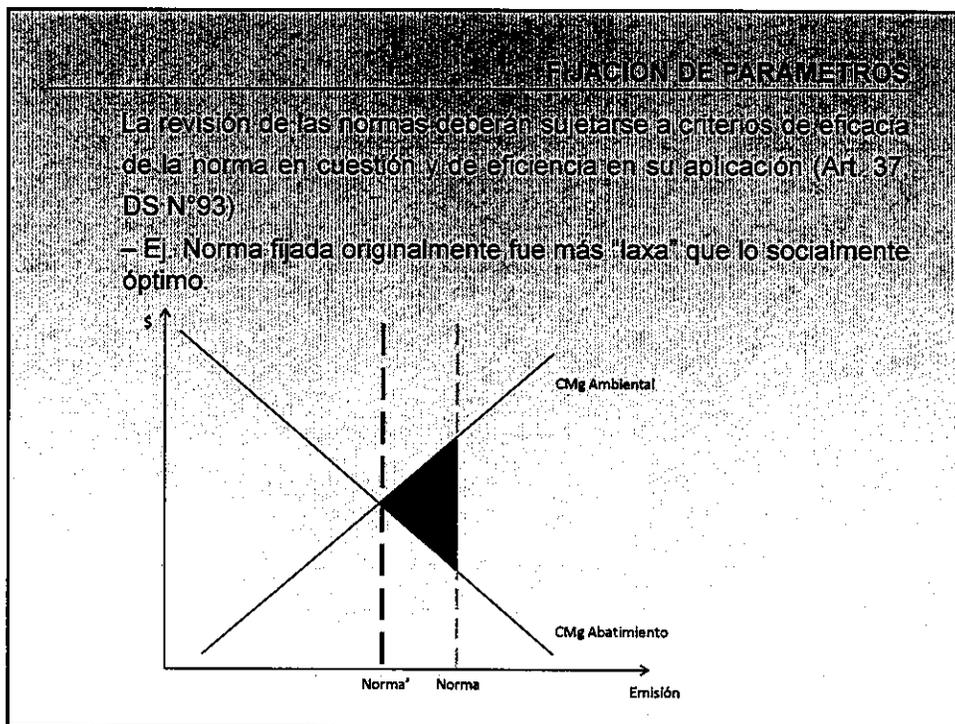
¿POR QUÉ SE DEBEN REVISAR LAS NORMAS?

- Óptimo Social es variable en el tiempo
 - Tanto la curva de CMg Ambientales (CMg Social) como la de CMg de Abatimiento (Demanda) son dinámicas en el tiempo
- La revisión de las normas deberán sujetarse a criterios de eficacia de la norma en cuestión y de eficiencia en su aplicación (Art. 37, DS N°93)

ARTICULO 33, DECRETO SUPREMO N°93/1995

Las normas de emisión podrán utilizarse como instrumento de prevención de la contaminación o de sus efectos, o como instrumento de gestión ambiental insertan en un Plan de Descontaminación o de Prevención.





El "regulador" reconoce la probabilidad de ocurrencia de estos tres escenarios en el tiempo, por tanto, se considera necesario revisar la norma para ajustar el óptimo buscado.



PROCESO ACTUAL DS90

ARTICULO 03: DECRETO SUPREMO N°931/995

Las normas de emisión podrán utilizarse como instrumento de prevención de la contaminación o de sus efectos, o como instrumento de gestión ambiental insertan en un Plan de Descontaminación o de Prevención.

REVISIÓN DS 90

PARAMETRO	EV. ECONOMICA	REQUERIMIENTO
APROBADOS POR EL COMITE OPERATIVO		
N y P Tabla FE 1, 2 y 4	SI	
Tabla 5, 10° año vigencia	SI	• Costos de Abatimiento
EN PROCESO DE ANALISIS		
Cloro Libre Residual	SI	• Costos de Abatimiento
Trihalometanos	SI	• Costos de Abatimiento
Boro	¿?	• Costos de Abatimiento
Nitritos y Nitratos T3	SI	• Costos de Abatimiento
Temperatura	SI	• Costos de Abatimiento
DBO Carbonacea en tablas de emisión	SI	
Cloruros	¿?	• Costos de Abatimiento
Fluoruros	¿?	• Costos de Abatimiento
DQO	¿?	• Costos de Abatimiento
E. Coli	¿?	• Costos de Abatimiento
Color	¿?	• Costos de Abatimiento

REVISIÓN DS 90

PARAMETRO	EV. ECONOMICA	REQUERIMIENTO
FUERA DE ANALISIS		
DBO5 Tabla 5	NO	
AOX	NO	
Olor	NO	

REVISIÓN DS 90

CONCEPTO	EV. ECONOMICA	REQUERIMIENTO
APROBADOS POR EL COMITE OPERATIVO		
Zona de Protección Litoral	SI	•Costo de inversión de los emisarios •Costos de tratamiento para cumplir con tabla 4
By Pass	NO	
Artefactos Navales	¿?	
EN PROCESO DE ANALISIS		
Fuente Emisora	NO	
Estuarios	¿?	
Lagos	¿?	
Aguas de Contacto	¿?	
Clorofila	¿?	
Métodos de medición	¿?	
Fiscalización y Monitoreo	¿?	
FUERA DE ANALISIS		
Código CIU	NO	



GOBIERNO DE CHILE

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN EJECUTIVA
DEPTO CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
ÁREA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA

LISTA DE ASISTENCIA: REUNIÓN COMITÉ AMPLIADO, PROCESO DE REVISIÓN DS90.

Fecha: VIERNES 27 MARZO 2009

Hora inicio: 10:30 hrs

Lugar: SALÓN COCHILCO

Hora Fin: 13:00 hrs

N°	Nombre	Institución	Teléfono/Fax	e. mail	Firma
1	Samuel Beut	Asipnor	82305252	SALEVA@GILCOMPARE.ORG	
2	Rafael Dopazo	Asipnor	82228391	rdopazo@unrd.cl	
3	Patricia Katus	CONAMA	2997112	pkatus@conama.cl	
4	Scarlett Roncero R.	INW	4458871	scarlett.roncero@inw.cl	
5	J.R. Cliton	ASIPNOR A.G.	4764000	jrcliton@corpoca.cl	
6	Andrés Montalva	ASIPNOR A.G.	(67) 512900	a.montalva@corpoca.cl	
7	Carlos Dusequeviri	CHILBALINARES	8999600	CDUSEQUEVIRI@CHILBALINARES.COM	
8	Yorlga Retamal	ASIPNOR	81562624	yorka.retamal@pach.cl	
9	Amber Pacheco	CONAMA	43-230740	apacheco@inwrd.com.cl	

Claudia Gallejillos CONAMA 02-2405706

cgallejillos@conama.cl

N°	Nombre	Institución	Teléfono/Fax	e. mail	Firma
10	Carolina Vargas G	CORMA	41-2867758	carolinavargosgonzalez@arauco.cl	
11	Walter Vasquez	INVEDEC	72-741000	mvasquez@INVEDEC.cl	
12	Glady's Vidal	Centro Subs-Chik. U. de Concepcion	41-2204067	gvidal@udec.cl	
13	Paolo Taboada	MASISA	041-2145279	paola.taboada@masisa.com	
14	Herman Ruiz	CORMA - NORSKE SKOG - BIOBIO	041.2500240	herman.ruiz@norsketskog.com	
15	Isel Cortes Nodarse	CENMA	2994170	icortes@cenma.cl	
16	Juonne Etchevar R.	AFDO CM APROA	51-324859	mundoostion@entelchile.net	
17	Elizabeth Echeverría	AJDIS	2690085 / 2690087	e.echeverria@ajdis.cl	
18	PABLO LAROS S.	SURFESA	32-2502742	PLAROS@SURFESA.cl	
19	Maria Pia Mena	AJDIS U. de Chile	09-8291391	mmena@ing.uchile.cl	
20	Nancy Villaseca	DIREFEMAN	32-2209328	nwillaseca@INVEDEC.cl	

21 Mauro Herrera DIRECTORAR 32-220852 mauroherrera@directemar.cl

22 Rosario Hermans PSIRES 041-2243487 mhhermans@entelchile.net

23 Rodrigo Infante Schmandke 2280880 rinfante@rahmandshk.cl

0120001

24 - Álvaro Párraga Salamanca, 1º 27 317 90 apple@uq11094a.cl

25 - Gustavo González Dine. Gestión 085406137 gusgon@ufln.cl
América del La Piedad

26 - M^a Fernanda Cáceres ASWUCL 4216510 Maria F. Cáceres @ ajuwcl.cl
F. Cáceres

27 - Patricia Herada B. ANDESS 2028300. phenada @ andes.cl
P. Herada

28 - Pedro Navarro H. COEMA 98370564 pnavarrete@celulara.comp.cl
P. Navarro

29 - GUSTAVO ANDRÚN ALVAREZ SENADESCA 32-2819779 gandrún @ senadesc.cl
G. Andrún

30 - Rossana Brontes Cochilco 10.333.262-1 rbrontes @ cochilco.cl
R. Brontes

31 - Álvaro Shee CONAMA 9569577 ashée @ conama.cl
A. Shee

32 - Alejandra Pecht CONAMA
A. Pecht

33 - ~~Juan Jiménez~~ ~~SOFOFA~~
J. Jiménez

34 - Gabriel Zamorano SISS 3824194 gzamoraño @ siss.cl
G. Zamorano

35 - Antonio ANSOCASTRA KUSTAL 8-6282407 ANTONIO.ANSOCASTRA @ gmail.com
A. Ansocastra

36 - Julio de la Fuente I COEMA 3675750 Jde la Fuente @ papelas.ucep.cl
J. de la Fuente

37 - Sergio BARRIENTOS H. ASIGIHIN 2033350 SBARRIENTOS @ asigihin.cl
S. Barrientos

38 - Manuel Espada SISA 3841991
M. Espada

39 - Verónica Vargas SISA 3824122
V. Vargas

Dirección Ejecutiva
Departamento de Control de la Contaminación
Área Control de la Contaminación Hídrica

DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO
“Proceso de Revisión DS 90”

Enviado por : DPTO. RECURSOS NATURALES- Alejandra Figueroa
e-mail : afigueroa@conama.cl
Fecha : Viernes, 27 marzo 2009
Hora : 12:04 hrs

DOCUMENTOS ANEXOS

N°	DOCUMENTO
1	Documento “Caracterización y tendencias tróficas de cinco lagos costeros de Chile Central”

Caracterización y tendencias tróficas de cinco lagos costeros de Chile Central

Oscar Parra, Claudio Valdovinos, Roberto Urrutia, Marcos Cisternas, Evelyn Habit y María Mardones

Unidad de Sistemas Acuáticos, Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción. Casilla 160-C, Concepción, Chile. E-mail: oparra@udec.cl

RESUMEN

El presente trabajo corresponde a una caracterización geográfica y limnológica de un sistema de 5 lagos costeros, localizados en la fachada occidental de la Cordillera de Nahuelbuta (VIII Región Chile), denominados "Lagos Nahuelbutanos" (Laguna Grande de San Pedro, Laguna Chica de San Pedro, Laguna Quiñenco, Lago Lanalhue y Lago Lleulleu). Estos exhiben diversos niveles de intervención humana, debido principalmente al uso turístico y recreativo, a la influencia urbana y al intenso uso forestal de sus cuencas hidrográficas. Los estudios realizados comprenden la geomorfología y origen de los lagos, usos históricos y actuales del suelo, caracterización y evolución de la cubierta vegetal, morfometría y batimetría, características sedimentológicas y paleolimnológicas, calidad del agua y biota acuática (fitoplancton, bentos y fauna ictica), así como algunos aspectos asociados al metabolismo de la columna de agua. Se realizó un análisis limnológico y ambiental comparativo en relación con la condición trófica actual de estos sistemas. Los resultados indican diferencias en los niveles de trofia, siendo el Lago Lleulleu el más oligotrófico y Laguna Grande de San Pedro el más eutrófico. En general el grado de trofia y de calidad del agua de estos cuerpos de agua se relacionan con indicadores biológicos y con el nivel de intervención a que han sido sometidas sus cuencas de drenaje.

Palabras clave: cuencas hidrográficas, uso del suelo, paleolimnología, calidad del agua, biota, eutrofización, intervención antrópica.

ABSTRACT

The present work correspond to a geographical and limnological characterization dealing with a coastal five-lake system located at the eastern piedmont of the Nahuelbuta mountain range (VIII Region, Chile) named "Lagos Nahuelbutanos" (Laguna Grande de San Pedro, Laguna Chica de San Pedro, Laguna Quillenco, Lago Lanathue y Lago Lleulleu). The lakes show several levels of human intervention, mainly due to tourist and recreational uses, urban influence, and forestal intensive use in their hydrographic basins. The performed studies comprise the geomorphology and origin of the lakes, historical and current soil use, characterization and evolution of the plant coverage, morphometry and bathymetry, sedimentological and paleolimnological characteristics, water quality and aquatic biota (i.e., phytoplankton, benthos, and ichthyic fauna, as well as some topics associated with the water column metabolism. A comparative environmental and limnological analysis was performed, in relation to the current trophic conditions of these systems. The results show differences in trophic state, being Lago Lleulleu the most oligotrophic, and Laguna Grande de San Pedro the most eutrophic. In general, the trophic degree and water quality of these water bodies are related with biological indicators and with the level of intervention to which their drainage basins have been subjected.

Keywords: basins, soil usage, paleolimnology, water quality, biota, eutrophication, anthropic intervention.

INTRODUCCIÓN

Los lagos se originan principalmente por la obstrucción del drenaje superficial debido particularmente a procesos morfogénicos, conformando una estructura temporal, en la historia erosional de los sistemas geográficos (Bellair &

Pomero, 1977; Mosetti, 1977). Ellos reciben aportes sólidos y líquidos de su cuenca de drenaje, mediante escurrimiento lineal, laminar y subterráneo, razón por la cual las características de la calidad del agua y de las comunidades biológicas allí presentes, reflejan los efectos acumulados de todos los aportes de agua y materiales

procedentes del entorno. Diversos autores destacan la estrecha relación existente entre el estado trófico de un sistema limnético y las condiciones geográficas y particularmente geomorfológicas del lago y de su cuenca de drenaje (Ryding & Rast, 1992). Aspectos tales como la extensión, la profundidad de un lago y el aporte de material particulado, son relevantes en la determinación del ciclo de vida del sistema limnético; éstos se relacionan estrechamente con los procesos morfogenéticos de la cuenca lacustre.

La diversidad climática y geológica de Chile continental conforma una realidad territorial latitudinal, de tal magnitud, que permite la diferenciación de una gran variedad de ecosistemas terrestres y acuáticos, algunos de ellos ambientalmente relevantes. Entre estos ecosistemas acuáticos continentales relevantes se observan de norte a sur (Fig. 1), el sistema de lagos del altiplano, el sistema de lagunas hipersalinas de la segunda región, el sistema de lagos nord-patagónicos o araucanos, el sistema de lagos de la isla de Chiloé, el sistema de lagos magallánicos o patagónicos y el sistema de lagos costeros de la región centro sur denominados como "Lagos Nahuelbutanos" (Parra *et al.*, 1999) por estar insertos en un dominio geográfico común; la vertiente litoral centro-norte de la Cordillera de Nahuelbuta.

Particularmente, en la Región del Biobío, la disponibilidad de cuerpos de aguas lénticos es bastante escasa comparada con la magnitud de las aguas corrientes. En esta Región los sistemas de lagos más importantes se encuentran en la precordillera de los Andes, sobre los 800 m.s.n.m, en las zonas de nacimiento del sistema fluvial del río Biobío. Estos son el lago Laja ("Laguna de la Laja") y las lagunas Icalma y Galletué. En el sector costero de la Región, se encuentra el sistema de lagos anteriormente nombrado, los que corresponden a lagos costeros de aguas dulces, localizados en las estribaciones occidentales de la Cordillera de Nahuelbuta. El sistema de lagos "Nahuelbutanos" está constituido por 6 cuerpos lénticos localizados en la vertiente sur occidental de la Cordillera de Nahuelbuta (parte de la Cordillera de la Costa) que se alinean de norte a

sur entre los sistemas fluviales de los ríos Biobío e Imperial. Entre ellos destacan: Laguna Chica de San Pedro, Laguna Grande de San Pedro, Laguna La Posada, Laguna Quiñenco, Lago Lanahue y Lago Lleu-Lleu.

A diferencia de los lagos que se encuentran en la parte alta y la precordillera andina de la Región, cuyas aguas tienen bajos contenidos de nutrientes, debido a una mínima intervención de sus cuencas de drenaje y ninguna influencia de asentamientos urbanos, los lagos nahuelbutanos exhiben diversos niveles de intervención humana de norte a sur. Así, los lagos nahuelbutanos septentrionales se encuentran rodeados en parte por centros urbanos, desarrollándose una importante actividad turística y recreativa en ellos. Además, la mayor parte de sus cuencas hidrográficas han sido y están sometidas a una intensa actividad forestal. Por otra parte, los dos lagos nahuelbutanos meridionales (Lanahue y Lleulleu) 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.

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. Es necesario generar el conocimiento de base para decidir acciones de protección ambiental que permitan su control y su uso sustentable. La eutrofización representa el proceso de envejecimiento natural de los lagos, como resultante de la acumulación gradual de nutrientes, un incremento de la productividad biológica y la depositación paulatina de sedimentos provenientes de su cuenca de drenaje. En condiciones naturales el proceso de eutrofización es lento, y las tasas de cambio ocurren normalmente a escala temporal de milenios. Sin embargo, por causas antrópicas relacionadas con el mal uso del suelo, el incremento de la erosión y por la descarga de aguas servidas domésticas, se ve acelerado a escala temporal de décadas o menos (Vollenweider, 1968).

La evaluación cuantitativa del estado trófico y el grado de contaminación de los sistemas

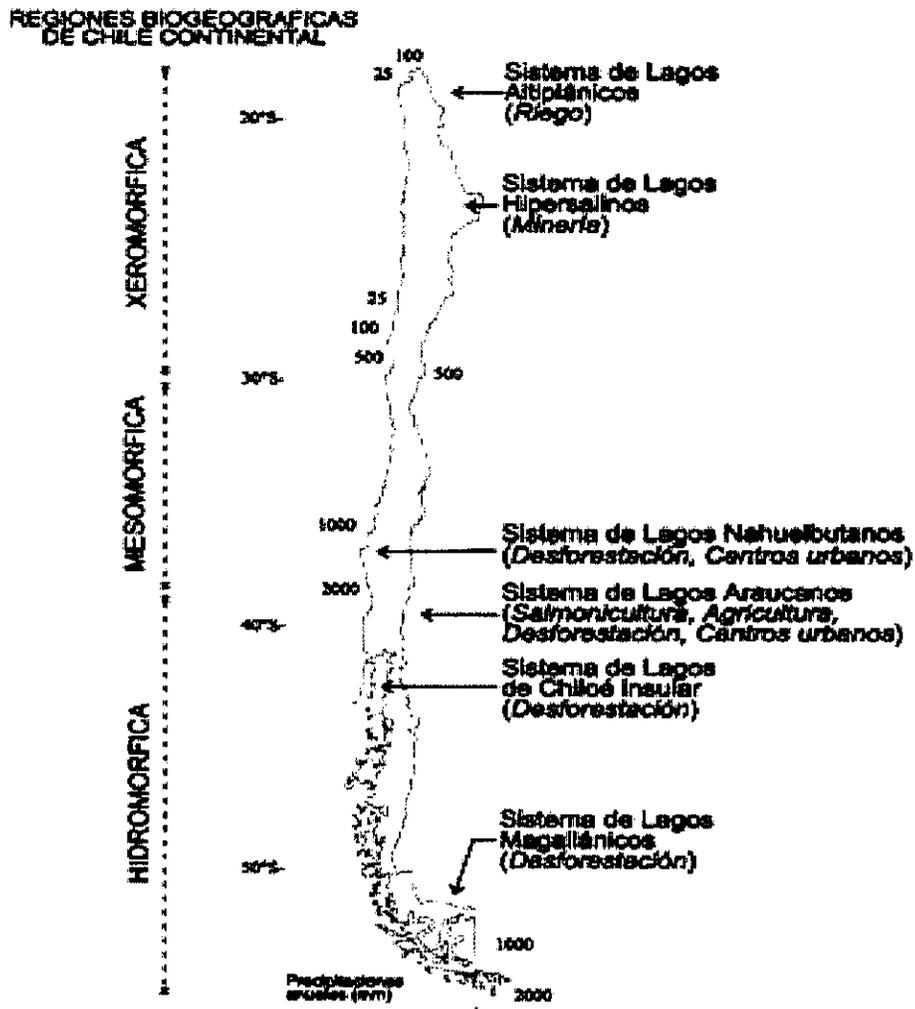


Figura 1. Localización latitudinal de los principales sistemas lacustres de Chile. *Latitudinal location for the main lake systems in Chile.*

lacustres, es de gran trascendencia en gestión ambiental territorial, ya que permite determinar restricciones de uso de estos recursos (*e.g.* abastecimiento de agua para consumo humano, baño), y orientar medidas de recuperación y mitigación cuando corresponda (*e.g.* colectores de aguas lluvia, forestación). Los sistemas tradicionales de evaluación del estado trófico de sistemas lacustres, se basan fundamentalmente en el contenido de fósforo y nitrógeno, y los clasifican en oligo-, meso- y eutróficos. Sin embargo, en las últimas décadas, esta aproximación ha sido motivo de discusión en la literatura

científica (Tundisi *et al.*, 1997), sugiriendo la utilización de un mayor número de indicadores ambientales, no solo del cuerpo de agua en sí, sino también de las relaciones con su cuenca de drenaje y con una escala temporal más amplia, que permita explicar en el tiempo las acciones y los procesos que determinaron las condiciones actuales.

Nuestro grupo de trabajo ha estudiado los cuerpos de aguas anteriormente nombrados a través de sus distintos componentes, obteniendo información básica de las características limnológicas de cada uno de ellos. Esto ha permitido

realizar un análisis comparativo de los cinco cuerpos de agua y de sus respectivas cuencas hidrográficas, explicando en parte el estado trófico actual, sus causas, sus efectos, sus indicadores y sus tendencias.

Considerando el valor como patrimonio natural, el uso actual y potencial que representa el sistema de lagos nahuelbutanos para la segunda área más poblada e industrializada del país, se ha decidido realizar la presente contribución, que tiene como objetivo integrar esta información y aquella todavía no publicada, realizando un análisis ambiental comparativo de las características limnológicas de los cinco cuerpos acuáticos, incluidas sus cuencas de drenaje,

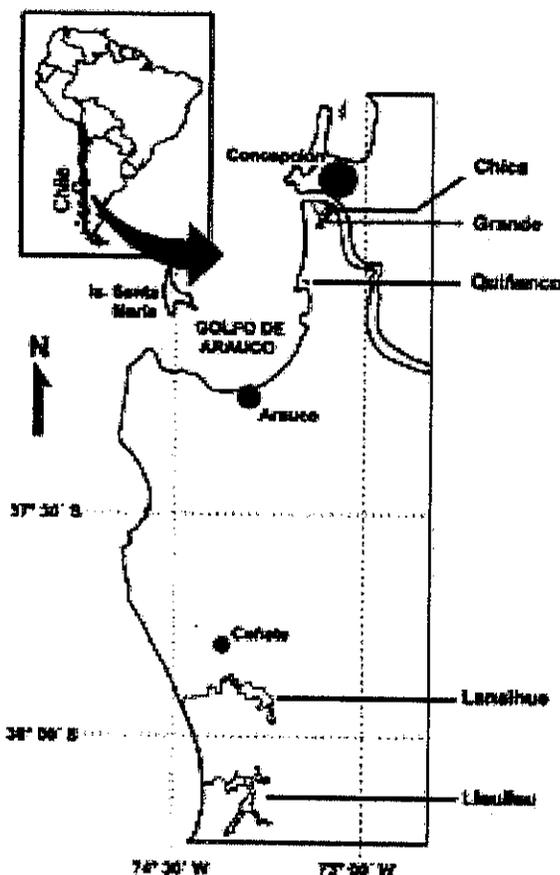


Figura 2. Localización de las lagunas Grande de San Pedro, Chica de San Pedro y Quiñenco, y de los lagos Lanalhue y Lleu-lleu. Geographic location of the lagoons Grande de San Pedro, Chica de San Pedro y Quiñenco, and the Lanalhue y Lleu-lleu lakes.

poniendo especial énfasis en la condición trófica y estado de eutrofización y estimar su tendencia, para posteriormente identificar acciones de conservación y protección ambiental.

ÁREA DE ESTUDIO

Los sistemas acuáticos estudiados (Fig. 2), tienen la característica de ser cuerpos de agua cercanos a la zona litoral marina. Estos poseen similar base geológica y climatológica, donde las diferencias radican fundamentalmente en el uso de suelo, la intensidad de la actividad forestal silvícola, las actividades turísticas y la ocupación urbana de sus respectivas cuencas hidrográficas (Tabla 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios realizados comprendieron: geomorfología y el origen de los lagos (Mardones & Reuther, 1999), erosión, sedimentación, usos históricos y actuales del suelo de las cuencas lacustres y la caracterización y evolución de la cubierta vegetal (Cisternas *et al.*, 1997, 1999a, 1999b, 2000, 2001), morfometría y batimetría de los cuerpos de agua, características sedimentológicas y paleolimnología (Urrutia *et al.*, 2000a, 2000b), calidad del agua y biota acuática (fitoplancton, bentos y fauna íctica) en cuanto a biodiversidad y como organismos indicadores, y algunos aspectos asociados al metabolismo de la columna de agua (Parra, 1989; Parra *et al.*, 1976, 1989, 1999; Scasso & Campos, 1998, 1999; Valdovinos & Figueroa, 2000; Valdovinos *et al.*, en prensa).

Geología, Hidrografía, Clima y Geomorfología

La información geológica, hidrográfica y del clima se obtuvo de los trabajos de Ferraris (1981), Ferraris & Bonilla (1981), Fuenzalida (1971), Cier-Serplac (1976), Devynck (1970), Endlicher & Mackel (1985), Veil (1961), Katz

Tabla 1. Características generales de las cuencas hidrográficas y grado de intervención humana. *General characteristics of the hydrographic basins and degree of human intervention.*

PARAMETROS Y USOS DEL SUELO	L. CHICA	L. GRANDE	L. QUIÑENCO	L. LANALHUE	L. LLEU-LLEU
Area del lago (km ²)	0.82	1.55	0.29	31.9	39.8
Area cuenca (km ²)	4.5	12.7	3.0	327.43	538.82
Rel. Área cuenca / área lago	5.5	8.2	10.3	10.2	16.8
Rel. Área cuenca / vol. lago	523.3	992.2	3333.3	777.5	717.3
Desarrollo línea de costa	1.8	2.1	1.5	2.9	4.2
% Bosque y matorral nativo	27.13%	5.68%	17%	25.2%	14.42%
% Plantaciones	48.86%	52.35%	70.3%	52.42%	40.21%
% Agricultura	3.35%	1.02%	1.6 %	22.35%	45.32%
% Urbano	4.9%	4.1%	0%	¿	0%
%Prot.ecológica	0%	0%	0%	0%	0%
Evacuación aguas servidas	no	antes	no	antes	no
Actividad turística y recreativa (camping y playas)	intensa	regular	ninguna	0.11%	0.05%
Invasión de macrófitas	Sí	Sí	No	No	No
Grado trófico	Mesotrófico	Eutrófico	Distrófico	Eutrófico	Oligotrófico
Macrófitas acuáticas	Abundantes	Muy abundantes	Escasas	Regular	Escasas
Estratificación de verano	Sí	No	No	Sí	Sí

(1970). El levantamiento geomorfológico detallado se efectuó mediante la fotointerpretación de los vuelos (1994-1995) y de un vuelo particular (1996) solicitado por los investigadores. El sistema morfogenético fue clasificado basándose en criterios morfológicos, morfométricos, sedimentológicos, litológicos y de uso del suelo, aspectos que fueron relevados, analizados y evaluados directamente en terreno (Mardones & Reuther, 1999).

Uso histórico del uso del suelo

Se realizó un detallado análisis de fotointerpretación para una de las cuencas más representativas. Se utilizaron fotografías aéreas de la cuenca de Laguna Chica (vuelo Trimetrogon 1943, vuelo Hycon 1955, vuelo OEA 1961, vuelo SAF, 1981, vuelo SAF 1994). La información se traspasó, corrigiendo digitalmente las diferentes escalas, a la cartografía base (1:10 000). Se lograron seis diferentes cartas de uso mostrando su evolución de los últimos 50 años. Esta carto-

grafía fue ingresada al SIG Arc/Info, separando los usos en diferentes coberturas. A través del SIG se obtuvo el Cambio Total entre periodos, es decir, se identificó, por traslape digital, las áreas que sufrieron cambios entre los años estudiados, independientemente de los tipos de uso (Cisternas *et al.*, 2001).

Cambios en las tasas de erosión y sedimentación

Se determinaron las tasas de erosión-sedimentación de Laguna Chica, considerándola como representativa de los 5 lagos en estudio. Esta información fue posteriormente comparada con las modificaciones de uso del suelo. Mediante geocronología isotópica (²¹⁰Pb y ¹³⁷Cs) y paleopalínología (Cisternas *et al.*, 1997, Urrutia *et al.*, 2000, Cisternas *et al.*, 2001), se determinaron las tasas de sedimentación de un *core* obtenido en la parte más profunda del lago. Considerando determinadas premisas se infirieron las tasas históricas y actuales de erosión en la cuenca.

Comparación entre las condiciones prehispánicas y actuales

Se tomaron *cores* en la parte más profunda de las Lagunas Grande y Chica de San Pedro y en cada caso se obtuvieron los centímetros superficiales (representando a las condiciones actuales) y los más profundos (representando a las condiciones prehispánicas). Los sedimentos inferiores fueron datados con ^{14}C , para corroborar su condición prehispánica. Se analizaron las diatomeas, para determinar calidad del agua, y su polen, para reconocer la evolución de la vegetación en la cuenca. (Cisternas *et al.*, 1999a, b; Urrutia *et al.*, 2000, Cisternas *et al.*, 2001).

Morfometría y batimetría

El levantamiento batimétrico se realizó utilizando un ecosonda Lowrance X-16 con 192 kHz de frecuencia y un transductor de 8° (Lowrance Electronics, INC.) con una sensibilidad de $\pm 0,1$ m. El posicionamiento de los transectos se realizó utilizando las cartas del IGM, escala 1:50 000 y puntos notables en las orillas de los lagos. En el caso de Laguna Chica de San Pedro, Laguna Grande de San Pedro y el Lago Lanalhue se procedió a una actualización de los mapas batimétricos realizados por Dellarossa & Parra (1985) y Scasso (1996). La determinación de los principales parámetros morfométricos se realizó siguiendo a Hutchinson (1957).

Sedimentología

La determinación de MOT se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Mills (1978), el análisis granulométrico y textural siguiendo Wentworth (1922).

Calidad del agua

Con el objeto de considerar la variabilidad temporal de las características físicas y químicas de los lagos, fueron muestreados estacionalmente durante los períodos de verano (enero 1997), otoño (mayo 1997), invierno (agosto 1997) y pri-

mavera (diciembre 1997). Las muestras fueron obtenidas a las distintas profundidades con una botella Rüttner de 2 L de capacidad y transportadas al laboratorio en frascos plásticos de 5 L a *ca.* 4°C, y analizadas dentro de las primeras 6 horas de obtenidas. Las muestras fueron analizadas de acuerdo a las metodologías estándar indicadas por la American Public Health Association (APHA). Las determinaciones realizadas *in situ* fueron las siguientes: temperatura (termómetro de mercurio), pH (pH-metro Shott), conductividad (conductivímetro Hanna), transparencia (disco Secchi Hydro-Bios) y turbidez (turbidímetro Milton-Roy Co.). Las determinaciones realizadas en laboratorio fueron las siguientes: oxígeno disuelto (método de Winckler), nitrógeno total (método de Kjendall), fósforo total (método molibdato-tungstato), alcalinidad (titulación con HCl) y seston total (gravimetría).

Fitoplancton

En cada lago se establecieron dos o tres estaciones de muestreo, una en el sector de entrada del (o los) afluentes principales, otra en la zona de mayor profundidad y que generalmente correspondió al centro del lago y finalmente una tercera, en las proximidades del efluente principal del lago. Estos se efectuaron en verano (enero 1997), otoño (mayo 1997), invierno (agosto 1997) y primavera (diciembre 1997). Se utilizaron una red de 55 mm de trama y la botella muestreadora Rüttner. Se trabajó con un microscopio invertido Karl Zeiss y para el recuento se utilizó el procedimiento descrito en Utermöhl (1957). Mayor información sobre la metodología relacionada con la comunidad fitoplanctónica referirse a Parra *et al.*, (1999). La determinación taxonómica se basó fundamentalmente en los trabajos de Parra *et al.*, 1976, 1980, 1981, 1982, 1983 y Rivera *et al.*, 1983.

Metabolismo bentónico

Empleando un core de gravedad (48 mm de diámetro interior; 0.51 de longitud), en enero de 1997 se obtuvieron muestras no perturbadas de

sedimento en los sectores más profundos de los lagos. Las tasas de decaimiento de oxígeno fueron determinadas incubando los cores en oscuridad a temperatura constante ($18 \pm 0.5^\circ\text{C}$) siguiendo a (Newrkla & Gunatilaka, 1982). Para el estudio de la dinámica de la temperatura y contenido de oxígeno sobre el fondo de los lagos, en enero, mayo, agosto y diciembre de 1997, se obtuvieron muestras de agua con una botella Rüttner a *ca.* 30 cm del fondo. La temperatura fue medida con un termómetro de alcohol (Hydro-Bios), y el oxígeno disuelto determinado con el método de Winckler (ver Strickland & Parsons, 1979).

Zoobentos

Los muestreos se realizaron en los meses de agosto-septiembre de 1997. Se tomaron 8 réplicas para la parte litoral y 4 réplicas para la zona profundal. En la zona litoral se muestreó manualmente empleando cuadrantes de 0.1 m^2 . Las muestras de la parte profundal se obtuvieron mediante una draga Petit-ponar de 0.02 m^2 de mascada. Todas las muestras se tamizaron con una trama de $500 \mu\text{m}$, se fijaron con formalina al 10%. La macrofauna se separó e identificó una lupa binocular. Para el análisis espacial de las comunidades bentónicas, se analizó una matriz de densidad (individuos por m^2 por especie y estación de muestreo) empleando un análisis de conglomerados y escaleo no-métrico multidimensional (NMDS). Las estaciones (muestras) se compararon y agruparon, para definir áreas con similar composición biológica (análisis normal o tipo-*q*).

Fauna íctica

El análisis de las comunidades de peces se realizó sobre la base de la información aportada por Corfo (1995) para los lagos Lleulleu y Lanalhue, y Scasso (1996) y Scasso & Campos (1998 y 1999) para lagunas Grande y Chica. No existen antecedentes sobre la ictiofauna del lago Quiñenco. El estudio de la fauna íctica de Lleulleu y Lanalhue se basó en dos muestreos

realizados en invierno y verano de 1995. En ambos casos se utilizó un único arte de pesca, consistente en redes de trasmallo, por lo que no se incluyó en este estudio el muestreo de la zona litoral de los lagos. El estudio de lagunas Grande y Chica incluyó 5 muestreos en los meses de noviembre de 1993, enero, marzo, junio y septiembre de 1994. Las comunidades pelágicas se estudiaron mediante métodos hidroacústicos (ecosonda Lowrance X16) y capturas con redes monofilamento de 40 m de largo y 2.5 m de ancho y 32, 35, 45 y 55 mm de entretendido. La producción se estimó mediante los modelos de Downing *et al.*, (1990) y Downing & Plante (1993) y el máximo rendimiento sostenido mediante el método de Graham (Ricker, 1981). La comparación de estos parámetros entre ambos sistemas se efectuó utilizando ANOVA. La comunidad litoral se muestreó mediante redes de arrastre en las mismas épocas de año. Para el estudio de edades y crecimiento de *Odontesthes bonariensis* se utilizó el método de von Bertalanffy (1938).

RESULTADOS

Geología

Los sistemas lacustres se distribuyen de Norte a Sur en la ladera occidental de la Cordillera de Nahuelbuta, unidad morfoestructural de la Cordillera de la Costa de Chile Centro-Sur (Región del Biobío). Sus cuencas hidrográficas se abren y drenan hacia las llanuras costeras en el sector septentrional y hacia las plataformas marinas y llanuras litorales en el Sur.

Los afloramientos rocosos varían en naturaleza y en edad de E a W; mientras que la vertiente cordillerana donde se emplazan las cuencas lacustres está conformada por rocas cristalinas y metamórficas, la franja más cercana al litoral, se estructura en rocas sedimentarias clásticas y sedimentos de origen marino, fluvial y eólico.

Desde el margen septentrional del lago Lanalhue hasta el río Biobío, aflora el Basa-

mento metamórfico Serie Oriental, constituido por metagrauvas, filitas, rocas córneas y gneises, de edad Paleozoico superior. Al Sur del lago Lanalhue y en toda la hoya del lago Llleu, las rocas estructurantes del relieve corresponden a la Serie Occidental del Basamento metamórfico. Esta serie comprende principalmente micaesquistos y metacherts, muy deformados; profundamente meteorizados por los diferentes agentes climáticos, los que han generado suelos arcillosos de color rojizocastaño, interstratificados con depósitos de ladera (Endlicher & Mäkel, 1985). Las rocas cristalinas intrusivas, reconocidas principalmente en el margen nororiental de la cuenca del lago Lanalhue, corresponden al Batolito de la Costa, unidad informal compuesta de granitos, tonalitas, granodioritas y dioritas, con zonas de migmatitas y gneises. Este emerge en la parte central de la Cordillera de Nahuelbuta, intruye al Basamento metamórfico y ha sido datado del Paleozoico superior (Ferraris, 1981).

En el margen N del área de estudio, en la zona de contacto entre la Cordillera costera y las llanuras litorales afloran rocas sedimentarias continentales eocénicas atribuidas a la Formación Cosmito (Veyl, 1961), conformada principalmente por lutitas y arcosas. Estos afloramientos se distribuyen como una franja discontinua de dirección NE-SO, alternando con las rocas metamórficas Paleozoicas, al S de Laguna Grande de San Pedro. Hacia el extremo Sur de dicha área estas características litológicas se mantienen, ya que se adosan al cordón montañoso terrazas esculpidas en rocas sedimentarias de edad Terciaria; las formaciones más antiguas observadas son de edad Eocénica y las más recientes, corresponden a rocas de la Formación Tubul, de edad Plioceno superior. En ambos casos, predominan rocas del tipo lutitas y areniscas (Ferraris & Bonilla, 1981).

Las llanuras situadas al Oeste de las cuencas lacustres están constituidas por sedimentos marinos, fluviales y eólicos de edad Pleistocénica-Holocénica.

Desde el punto de vista tectónico, el rasgo más destacado es la foliación de la Serie meta-

mórfica Occidental, la que está asociada a un proceso de metamorfismo-deformación y fallamientos en bloque, de edad Postmiocénica; deformaciones que se relacionan con el alzamiento de la Cordillera de Nahuelbuta. Las fracturas de gran ángulo (mayor de 45°), la mayoría con manteo cercano a la vertical, parecen corresponder a movimientos de tipo normal, presentando rumbos generalmente ENE, NW y NNE. Dichas fracturas, son fundamentales para comprender tanto el trazado geométrico de la red hidrográfica, como la morfología y la batimetría de las cuencas lacustres. Esta influencia es clara en la Laguna Grande de San Pedro, cuyo sistema léntico ocupa un valle de línea de falla, de dirección NNE-SSO, que discurre casi paralelo a la línea costera. También tiene incidencia en el flujo de agua subterránea que alimenta los sistemas lacustres.

Clima

Este sistema de lagos 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 mas 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.

Geomorfología

Los cinco lagos se emplazan en valles de la Cordillera de Nahuelbuta cuyo drenaje local ha sido bloqueado. Existen importantes diferencias

morfométricas y morfogenéticas entre los tres lagos situados en el margen N del área de estudio (Lagunas Chica y Grande de San Pedro y Laguna Quiñenco) y aquellos situados en la zona meridional (lagos Lanalhue y Lleulleu).

Los sistemas lacustres septentrionales

Las cabeceras de las cuencas lacustres se emplazan en los cordones montañosos de erosión hídrica, de la naciente Cordillera de Nahuelbuta, estructurados en roca metamórfica Paleozoica; cuyos interfluvios presentan orientación N y ONO y altitudes > 400m. Adosada a la cordillera se aprecia una terraza de erosión marina de 65 a 100m de altitud, 450m de ancho dispuesta como una franja continua de dirección N-S y pendiente <5°, conformada tanto por roca sedimentaria Eocénica, como por filitas y esquistos Paleozoicos. El contacto con la cordillera es generalmente abrupto y lineal, lo que permitiría suponer que se trata de un escarpe adaptado a líneas de falla. Tanto los cordones como las terrazas están disectados por pequeños y estrechos valles de fuertes pendientes longitudinales.

Al Oeste y ONO de estas unidades morfológicas se sitúa la llanura litoral de San Pedro-Coronel, cuya altitud media es de aproximadamente 6 m.s.n.m. Conforman una franja continua de 1-4 km de ancho, de dirección N-S, modelada por cordones litorales y dunas. Por el número y grado de conservación de cordones litorales observados, se estima que la llanura se habría modelado entre el Tardiglacial y el Reciente, al menos en seis estadios de retroceso del mar. Este tipo de modelado se presenta particularmente, en el frente de los lagos Quiñenco y San Pedro Grande. En el margen Norte de las dos Lagunas de San Pedro, el río Biobío construye una terraza de acumulación constituida por sedimentos arenosos basálticos, de edad Pleistocénica-Holocénica, parcialmente modelada por dunas.

Los sistemas lacustres meridionales

En el margen Sur del área de estudio, los lagos Lanalhue y Lleulleu emplazan sus cabeceras en el eje mismo de la Cordillera de Nahuelbuta. La

cordillera está modelada por cordones y restos de superficies de erosión de origen continental, estructurados en rocas metamórficas (filitas y esquistos) de edad Paleozoica, los que se elevan progresivamente hacia el E de 500 a 800 m.s.n.m., a través de bloques quebrados por un sistema de fallas ONO-ESE y ENE-OSO.

Siguiendo las mismas direcciones estructurales citadas anteriormente, los ejes de los lagos se han emplazado en antiguos valles adaptados a la estructura, tal como se aprecia por su morfología y batimetría. Del mismo modo, las cuencas hidrográficas de ambos sistemas, presentan trazados angulosos que evidencian la influencia estructural.

El contacto con la llanura litoral se produce a través de niveles decrecientes de terrazas conformadas por areniscas y lutitas Terciarias, cuyas altitudes varían entre 25 y poco más de 200 m.s.n.m. La morfología plana, su disposición en franjas paralelas a la línea costera, el afloramiento de rocas sedimentarias marinas de edad Terciaria testigos de antiguas fases de transgresión marina, permiten asumir que estos niveles de terraza adosados a la Cordillera de Nahuelbuta, son de abrasión marina. Los niveles de terraza mejor desarrollados son aquellos situados más próximos a la costa, suponiéndose por esta razón que son también los más jóvenes. Ellos se distribuyen irregularmente entre los 25-30m, 50m y 70-80m.s.n.m. El resto de las terrazas, están representadas por retazos muy fragmentados, exceptuando el nivel de 200 m.s.n.m. que presenta mayor continuidad.

El frente del lago Lleulleu está modelado por la terraza marina de 25-30m, sobre la cual sobreyacen dunas longitudinales, las que no están relacionadas con la obstrucción del drenaje, puesto que sobreyacen a las terrazas marinas, a un nivel superior al espejo de agua. La terraza de 50m de altitud, está ampliamente representada en el frente del lago Lanalhue; sobre ella no se observan modelados de origen eólico. Esta planicie de origen marino-eólico inclinada hacia el Oeste, tiene 6 km de ancho en el sector Norte y se estrecha progresivamente hacia el Sur, hasta desaparecer en el sector de Quidico, donde las

estribaciones cordilleranas caen directamente al océano formando acantilados rocosos. Se reconocen aquí una secuencia de cordones dunarios de diferentes edades y de altitudes que varían entre 16 y 47m. En el lago Lanalhue las dunas más próximas al cuerpo de agua, quedan distantes unos 4 km del frente del lago, de modo que sus riberas están modeladas en areniscas de edad Terciaria. En el frente del lago Lleulleu, la llanura litoral tiene cerca de 2.6 km de ancho y las dunas se aproximan al frente mismo del lago, observándose allí que los sedimentos eólicos sobreyacen una formación de rocas sedimentarias de edad probablemente Eocénica. Este modelado no tiene mayor influencia en la formación del lago, pero lo nutren de sedimentos por la deflación eólica cuando la cobertura vegetal es débil. Los lagos están drenados por los ríos Lleulleu y Puyehue-Paicaví.

El lago Lanalhue se sitúa a 12 m.s.n.m., inunda un estrecho valle de la Cordillera de Nahuelbuta de orientación SE-NO. Su morfología y batimetría tienen estrecha relación con los accidentes tectónicos que estructuran la cuenca. El lago se divide en tres secciones: la sección interior es la menos profunda (4m) y de fondo plano; se dispone en dirección Norte-Sur y tiene 3 km de longitud y 1.5 km de ancho. Está parcialmente seccionada por el delta de los ríos Elicura y Calebu y se comunica con el resto del lago, a través de un estrecho (Pta. El Sapó). La parte central tiene 8 km de longitud y 2-3 kms de ancho; se dispone en dirección SE-NO y su fondo tiene la forma de un estrecho canal, de laderas irregulares, cuya profundidad aumenta en dirección a la costa, de 14 a 22 m.b.n.m. El trazado de las riberas se presenta accidentado por penínsulas y ensenadas. Finalmente, el sector frontal es el más estrecho y profundo: tiene la forma de una T volcada hacia el Oeste, 3 km de largo, entre 0.5 y 0.8 km de ancho y 24 m.b.n.m. de profundidad. Hacia el Este, una península estructurada por rocas sedimentarias de la terraza de abrasión marina localizada en el sector de El Banquete, genera un umbral que dificulta la conexión entre las dos últimas secciones.

El lago Lleulleu tiene una forma lobulada, angulosa, cuyo trazado repite las direcciones estructurales observadas en la cordillera: NNE-SSO y O-E. Se ha formado por la obstrucción de dos valles principales de dirección E-O: los valles de Huillinco y Mahuilque y un eje de dirección NNE-SSO, casi paralelo a la línea costera, situado en la falla que separa la Cordillera de Nahuelbuta de las terrazas litorales. El lago tiene una altitud de 20 m.s.n.m., 0.5 a 3 km de ancho y el eje mayor, de dirección NNE-SSO se extiende por aproximadamente 17 km de longitud. En cuanto a su batimetría, la parte frontal del lago que se inserta en las terrazas litorales es la de menor profundidad (10 m), mientras que en los lóbulos internos se ha estimado en más de 40m. La compartimentalización batimétrica del sistema, al igual que en el Lanalhue se relaciona con líneas de falla que accidentan el borde cordillerano.

Origen de los lagos

Los sistemas lacustres de Lanalhue y Lleulleu, emplazados al sur del área de estudio tienen un origen distinto a aquellos situados en las cercanías de Concepción (las Lagunas Chica y Grande de San Pedro y laguna Quiñenco). La formación de los primeros, ha sido interpretada a la luz de los modelos neotectónicos para la plataforma de Arauco. Estos autores demuestran que a partir del Pleistoceno, la plataforma de Arauco habría funcionado como una zona de deformación co-sísmica, tectónicamente independiente de la Cordillera de Nahuelbuta. Movimientos de emergencia de la plataforma estarían asociados a la ocurrencia de grandes terremotos, con recurrencia de al menos uno por siglo. Se estiman movimientos de sollevamiento de las terrazas costeras de 0.25m/siglo en la parte frontal de los lagos. Esto permite sugerir que dichos lagos corresponden a valles costeros, cuyo drenaje habría sido obstruido en el Pleistoceno reciente, por las formaciones rocosas de la plataforma de Arauco debido a las periódicas crisis sísmicas.

Los lagos litorales Lagunas Chica y Grande de San Pedro y Laguna Quiñenco, se emplazan

en antiguos valles de la Cordillera de la Costa cuyo drenaje ha sido bloqueado por dunas y cordones litorales. Tres factores se combinan para explicar su formación: el importante aporte de arenas basálticas a la costa provocado por descargas lacustres en el alto valle del Laja (Mardones & Jaque, 1996), las transgresiones y regresiones marinas de origen glacioeustático y la neotectónica co-sísmica Cuaternaria, que en este sector ha actuado con menor intensidad y distintamente en los bloques y fosas que estructuran la llanura de Concepción y Coronel.

En relación a Las lagunas de San Pedro, a juzgar por la batimetría y la potencia de los depósitos de arena en su frente, es posible que éstas se hayan formado y destruido subsecuentemente desde fines del Riss al Actual, debido a las variaciones glacioeustáticas del nivel marino en el Pleistoceno superior. De hecho, la última transgresión marina ocurrió entre el 8000 BP y el 6400 BP; ésta aumentó en 5m el nivel actual del mar el que habría inundado al menos parcialmente éstos valles, formando lagunas. A partir de este momento, viene una fase de regresión marina posiblemente asociada a sollevamientos co-sísmicos, lo que permite la formación sucesiva de crestas de playa y cordones dunarios, que finalmente construyen los sistemas lacustres actuales, desconectados del mar. En cuanto a la laguna Quiñenco, ésta ha sido originada en un periodo previo a la llegada de la última formación de arenas negras, ya que el cordón litoral que la cierra está construido por arenas cuarcíferas. Si se considera la propuesta morfogenética de Mardones & Jaque (1996), su formación sería previa al periodo Tardiglacial (>15 000 BP) y relacionada estrictamente con la transgresión flandriana y los sollevamientos costeros posteriores a este evento.

Hidrografía

Las hoyas hidrográficas de estos cinco lagos están conformadas por pequeñas cuencas costeras exorreicas, que drenan la vertiente occidental de la Cordillera de Nahuelbuta y tienen como nivel de base los sistemas lénticos. La jerarquía

de estas cuencas va desde drenes de orden 6 en las cuencas más grandes observadas en el Lago Lleulleu (ríos Huillinco y Mahuilque) hasta orden 1 en las cuencas más pequeñas. En las lagunas de San Pedro las cuencas de mayor jerarquía son de orden 3. La red de drenaje se caracteriza por distintos patrones y densidades de canales, debido al control geológico y estructural del área. Sobre el Basamento cristalino, el patrón de drenaje es dendrítico con densidad media. En las terrazas de abrasión marina, en cambio, se observa un patrón de drenaje paralelo, con orientación principal de NNE a SSW o SSE-NNW. Según Ferraris y Bonilla (1981), esto se debe a una adaptación de los cursos fluviales a los lineamientos estructurales. Aquí la densidad de drenaje es gruesa, debido a la alta permeabilidad de estas rocas, lo que además permite el desarrollo de valles profundos.

Vegetación y uso del suelo

La vegetación original del área de localización del sistema lacustre se inserta en la transición entre las regiones meso e hidromórfica (Di Castri, 1968). El bosque esclerófilo se contacta con el del roble-laurel-lingue (*Nothofagus* spp. - *Crptocarya alba*, *Persea lingue*), que se desarrolla más al Sur. En las partes altas de las cuencas todavía existen especies de *Nothofagus*, *N. oblicua* ("Roble") y *N. procera* ("Raulí"). Este bosque al ser talado origina matorrales esclerófilos, los cuales a su vez al ser explotados, se convierten en comunidades arbustivas bajas. Estos hábitats son rápidamente colonizados por malezas introducidas, como la "retamilla" (*Tellina monspessulana*), las que forman comunidades asociadas a renovales del antiguo bosque esclerófilo. Sobre esta situación vegetacional y edáfica se ha desarrollado el proceso de reforestación con especies exóticas, *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp., el primero en mucho mayor porcentaje (cerca del 80 % de la actual cubierta vegetacional). En las quebradas más profundas de las cuencas del sistema se observan restos de vegetación nativa como especies de "Olivillo" (*Aextoxicum punctatum*), "Peumo"

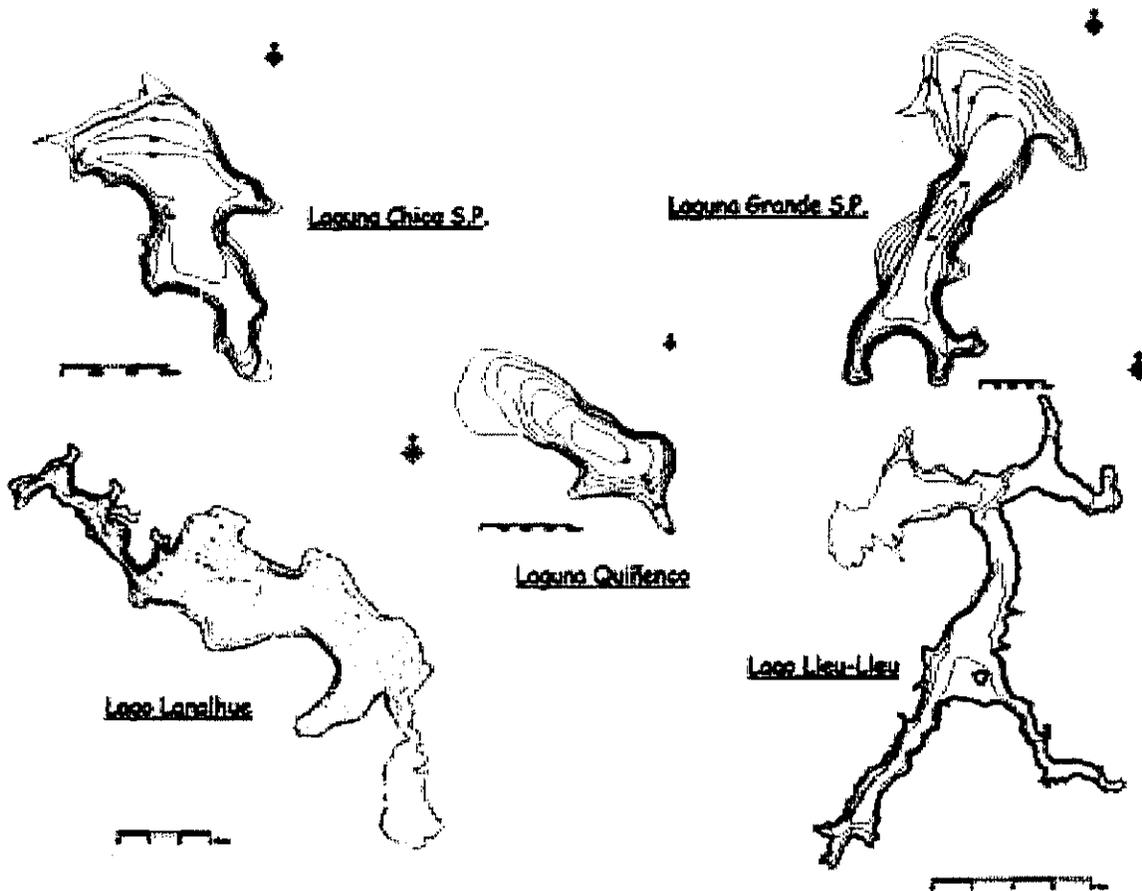


Figura 3. Batimetría de los cuerpos de agua. *Bathymetry of the water bodies.*

(*Cryptocarya alba*), "Boldo" (*Peumus boldus*), "Avellano" (*Gevuina avellana*), "Litre" (*Lithrea caustica*), "Maqui" (*Aristotelia chilensis*) y Canelo (*Drymis winteri*). En los últimos años la vegetación presenta una tendencia notoriamente degradativa hacia comunidades del tipo matorral y pastizal, degradación que se traduce en erosión de los suelos (Barrientos, 1990).

Los usos del suelo de los cinco lagos son: a) bosque y matorral nativo, generalmente una forma degradada de bosque, debido a la temprana intervención humana (e.g. corta y quemadas), b) plantaciones forestales, áreas ocupadas por plantaciones forestales principalmente *P. radiata* y *Eucalyptus globulos*, c) áreas deforestadas con escasa o nula cobertura vegetal generadas por diversas intervenciones humanas (corta, quemadas, incendios), con suelos expues-

tos, d) áreas con sectores de humedales y e) áreas con cobertura urbana y residencial. La Tabla 1 presenta un cuadro comparativo de los usos del suelo de las respectivas cuencas de drenaje de los lagos estudiados.

Por otra parte es necesario indicar que la actividad forestal en la Región, basada mayormente en plantaciones de especies exótica, es el carácter dominante en el paisaje, ocupando cerca del 40 % de todo el territorio regional y más del 50% del área de estudio. Al mismo tiempo representa la principal actividad económica en cuanto a usos de recursos naturales.

Morfometría y batimetría

La morfología de los lagos estudiados presentó un amplio rango de variación tanto en forma

como tamaño (Fig. 3). Es así que el tamaño de los lagos fluctuó entre 39.8 km² (Lleulleu) y los 3.0 km² (Quiñenco) de superficie, con profundidades que fluctuaron entre los 46.5 m (Lleulleu) y 6.1 m (Quiñenco). Por su parte la forma fluctuó entre contornos muy regulares, con bajo desarrollo de costa, como el caso de laguna Quiñenco (1.5, Laguna Chica (1.8) y Laguna Grande (2.1) de San Pedro, hasta formas y contornos muy irregulares, representados por altos valores de desarrollo de línea de costa de los lagos Lleulleu (4.2) y Lanalhue (2.9).

La poca profundidad de los lagos estudiados es consistente con la uniformidad geológica del área y la escasa altura del relieve donde se encuentran ubicados (Mardones & Reuther, 1999). Sólo el Lago Lleulleu presentó una profundidad máxima superior a los 30 m. Estos resultados indican que todos los lagos, con excepción del Lleulleu, presentan el 100% de su área sobre la cota que determina la zona de aguas someras que según Campos *et al.*, (1992) está determinada por la isóbata de los 30 m. El lago Lleulleu presentó una zona de aguas someras que corresponden aproximadamente al 50% de su área total. La batimetría de estos cuerpos de agua esta estrechamente asociado al origen de cubetas que contienen las masas de agua. Los

lagos Quiñenco, Chica y Grande de San Pedro presentan una sola gran cubeta de fondo plano, que ocupa la mayor extensión en superficie, con fuertes pendientes en las riberas asociadas a la cordillera de Nahuelbuta y una suave batimetría hacia el extremo opuesto. En cambio la batimetría de los lagos Lanalhue y Lleulleu esta determinado por el origen tectónico de estos cuerpos de agua. Es posible encontrar una completa caracterización morfométrica de los lagos en Urrutia *et al.*, (2000), (Tabla 2).

Caracterización sedimentológica

Los sedimentos de los cinco lagos estudiados se caracterizaron por presentar texturas fangosas (limos y arcillas) muy homogéneas, con ausencia de fracciones gruesas (arenas y gravas). En todos los casos se trata de fangos sin características reductoras, de colores "Gris medianamente oscuros" (N4) con tonalidades "Gris café" (5YR4/1) y "Gris oliva" (5Y4/1), de acuerdo a la Carta de Colores de la Geological Society of América (1975).

Considerando el tamaño medio de las partículas de sedimento, el fango de todos los lagos se clasificó texturalmente (Wentworth, 1922) como "limos finos". Por otra parte y de acuerdo

Tabla 2. Características morfométricas de los lagos. *Lakes' morphometric characteristics.*

PARAMETROS	L. CHICA	L. GRANDE	L. QUIÑENCO	L. LANALHUE	L. LLEU-LLEU
Latitud (S)	36° 51'	36° 51'	36° 59'	37° 55'	38° 09'
Longitud (W) *	73° 05'	73° 06'	73° 07'	73° 19'	73° 19'
Altura (m.s.n.m.)	5.0	4.0	5.0	12.0	20.0
Profundidad máx. (m)	18.0	13.5	6.1	26.0	46.5
Profundidad media (m)	10.3	8.3	3.0	13.1	23.5
Largo máx. (km)	1.9	2.7	1.1	9.6	13.2
Ancho máx. (km)	0.87	1.4	0.36	4.3	3.7
Perímetro (km)	5.7	9.4	2.94	58.6	93.3
Area del lago (km ²)	0.82	1.55	0.29	31.9	39.8
Area cuenca (km ²)	4.5	12.7	3.0	325.0	670.0
Volumen (km ³)	0.0086	0.0128	0.0009	0.418	0.934
Desarrollo línea de costa	1.8	2.1	1.5	2.9	4.2
Rel. Prof. media / Prof. máx.	0.57	0.61	0.49	0.50	0.50
Rel. Área cuenca / área lago	5.5	8.2	10.3	10.2	16.8
Rel. Área cuenca / vol. lago	523.3	992.2	3333.3	777.5	717.3
Prof. criptodepresión (m)	13.0	9.5	1.1	14.0	26.9

Tabla 3. Parámetros granulométricos, texturales y Materia Orgánica Total (MOT) promedio de los lagos estudiados. *Granulometric parameters, texture and Total Organic Matter (TOM) means for the studied lakes.*

Lagos	Total estaciones	Tamaño Medio (ϕ)	Selección (ϕ)	Asimetría	MOT (%)
L. Chica	24	6.57	0.79	-0.13	14.8
L. Grande	28	6.51	0.81	-0.18	20.0
L. Quiñenco	27	6.59	0.84	-0.26	21.8
L. Lanalhue	44	6.48	0.80	-0.06	14.7
L. Lleu-Lleu	81	18.3	6.57	0.83	18.3

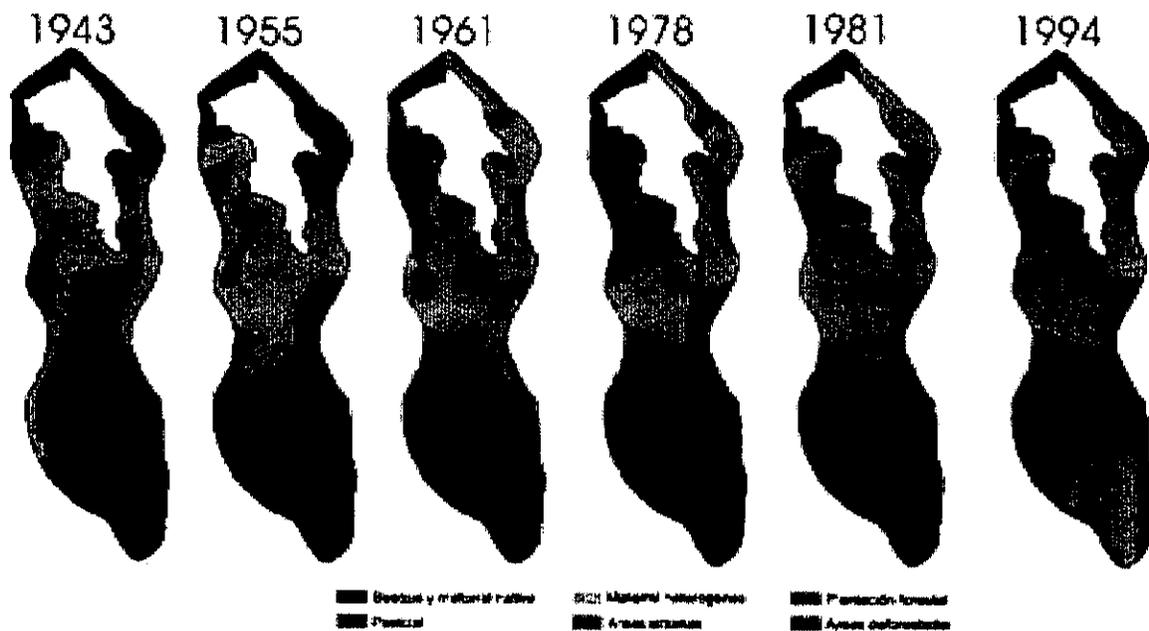


Figura 4. Evolución del uso del suelo en Laguna Chica de San Pedro. *Soil use evolution in Laguna Chica de San Pedro.*

al grado de selección de los granos, estos se ubican en el rango “moderadamente seleccionados”. El parámetro de asimetría presentó una mayor variabilidad; sin embargo, todos los valores fueron negativos (Tabla 3). Mayor información sobre las características sedimentológicas se encuentra en Urrutia *et al.* (2000) y Valdovinos & Figueroa (2000).

Uso histórico del Uso del Suelo

En los estudios de Cisternas *et al.*, (1999, 2000, 2001), Mardones & Reuther (2000) se reconocieron seis categorías de uso del suelo: i) bosque y matorral nativo, ii) matorral hete-

rogéneo, iii) áreas deforestadas, iv) plantaciones forestales, v) áreas urbanas y residenciales, y vi) pastizales.

La figura 4 muestra la evolución del uso histórico del suelo en la cuenca de Laguna Chica. Se aprecia una sostenida disminución de la vegetación nativa, que hacia 1994, queda reducida a las quebradas más estrechas y profundas de la cuenca. Contrariamente, las plantaciones forestales muestran un continuo incremento. Entre 1961 y 1981, las áreas deforestadas presentan una importante extensión superficial. El uso residencial aparece por primera vez en 1961 y se mantiene relativamente estable hasta 1994 (Cisternas *et al.*, 1999 a, b).

Respecto al Cambio Total, la figura 5 muestra las áreas que modificaron su uso entre los periodos estudiados. Se aprecia un incremento de las modificaciones con el tiempo, del mismo modo, se reconoce que el cambio se fue trasladando hacia el sur, a los sectores de altas pendientes (Cisternas *et al.*, 1999 a, b). La Figura 6 muestra el total de modificaciones ocurridas entre 1943 y 1994. Se observa que la casi totalidad de la superficie de la cuenca fue transformada en un periodo de 50 años.

Considerando estas tendencias y la evolución histórica de la vertiente occidental de la cordillera de Nahuelbuta, es posible inferir que las cinco cuencas lacustres sufrieron un proceso de reemplazo de la vegetación nativa de un modo similar al reconocido para Laguna Chica. De este modo, Cisternas *et al.*, (1999 b) proponen un modelo de reemplazo de vegetación nativa por plantaciones forestales para toda la cordillera de Nahuelbuta (Fig. 7). El Periodo I, representado por los años cuarenta, muestra una cobertura de bosque y matorral nativo degradado, minoritariamente en los sectores planos y mayoritariamente en las áreas de pendientes. Con el avance de las plantaciones (Periodo II), principalmente ubicadas en lugares llanos, los remanentes de nativo están limitados sólo a los sectores altos (probablemente

por las dificultades de explotación). A diferencia de la rápida transición en los dos primeros periodos, el Periodo III presenta áreas deforestadas, que se mantienen por largo tiempo en los sectores más frágiles de las cuencas (Periodos III-IV). Finalmente, el propio proceso de forestación hará desaparecer las áreas deforestadas (Periodo V), quedando las cuencas completamente cubiertas con las plantaciones exóticas.

Cambios en las tasas de erosión y sedimentación

En la figura 8 es posible observar los resultados del análisis cronológico para Laguna Chica. Tanto el ^{137}Cs como la concentración de polen de *P. radiata* comprueban el modelo cronológico propuesto (Cisternas *et al.*, 2001). De acuerdo con el modelo cronológico utilizado (CRS) la tasa neta de acumulación de sedimentos de Laguna Chica ha variado en un orden de magnitud, desde $50 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ hacia 1883 a $600 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ en 1968. Los cambios en las tasas de sedimentación muestran tres pulsos durante el s. XX. El primero comienza a fines del s. XIX y alcanza su máximo al final de los años cuarenta ($580 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$). Otro pulso comienza a inicios de los años cincuenta ($240 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) y alcanza su máximo a

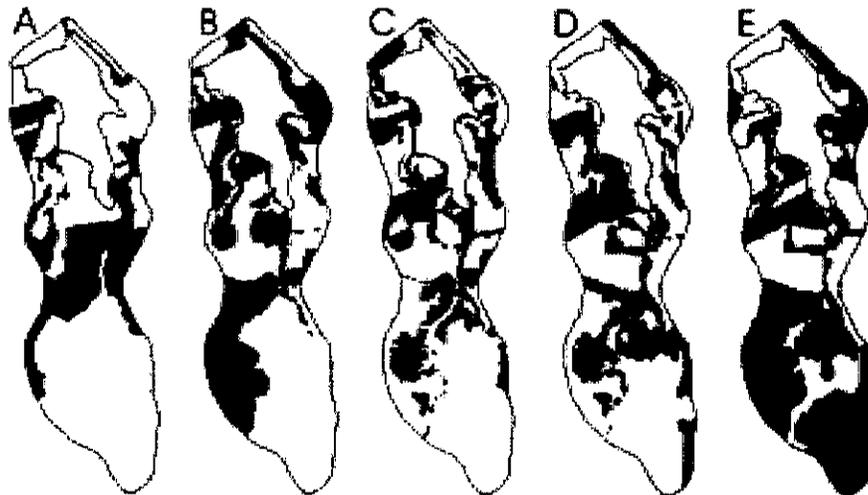


Figura 5. Evolución del Cambio Total durante los intervalos temporales estudiados (A= 1943-1955; B= 1955-1961; C= 1961-1978; D= 1978-1981; E= 1981-1994). Total change evolution during the studied temporal intervals (A= 1943-1955; B= 1955-1961; C= 1961-1978; D= 1978-1981; E= 1981-1994).

finales de los sesenta ($600 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$). El evento más reciente comienza alrededor de 1978 ($260 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) y continúa en los noventa, cuando el máximo fue $520 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ (Cisternas *et al.*, 2001). En Chile, como en el resto del hemisferio sur, no se detectaron aumentos de las concentraciones de ^{137}Cs ambiental por efecto del accidente de Chernobyl ocurrido en Ucrania en 1986 (Surface Air Sampling Program; Larsen *et al.*, 1995). En un monitoreo realizado en Chile entre los años 1966-1994 (Piñones & Tomicic, 1995), no se detectaron los efectos de dicho accidente nuclear. Del mismo modo, análisis realizados en sedimentos de la Antártica (Appleby *et al.*, 1995) no se reconocieron indicios de *fallout* radioactivo generado por dicho accidente. Lo anterior, se debe a que la inyección de ^{137}Cs en Chernobyl no fue de una magnitud suficiente para incorporarse a la estratosfera. De este modo, la contaminación no fue transportada a escala planetaria, afectando principalmente al norte de Europa (Larsen *et al.*, 1995). Considerando lo anterior, el *peak* detectado en la columna sedimentaria de Laguna Chica de San Pedro, debe responder más bien al máximo de emisión estratosférica de 1963.

La erosión en la cuenca del lago fue calculada como $S \cdot A_L / A_W$, donde S es la tasa de sedimentación calculada para el *core*, A_L es el área del fondo del lago, y A_W el área de la cuenca hídrica (Cisternas *et al.*, 2001). Se obtuvieron las tasas de erosión para los 10 primeros centímetros del núcleo (1942-1996). El registro de lluvia para el área (Figura 9 A) muestra que las precipitaciones no han tenido una tendencia a aumentar o disminuir durante los últimos 50 años. De este modo, es posible inferir que las variaciones en la erosión de la cuenca han estado controladas principalmente por el uso de suelo. Este mismo periodo temporal es cubierto por la información de uso del suelo obtenida más arriba. La tasa de erosión, a escala lineal de tiempo (Figura 9 B), presenta los mismos tres máximos que las tasas de sedimentación; sin embargo la escala lineal muestra que fueron breves. Los primeros dos *peaks*, alrededor de 1950 y 1970, duraron unos pocos años; el tercer máximo en los años noventa, dura 7 años. Los



Figura 6. Total de modificaciones ocurridas entre 1943 y 1994. Total changes occurred between 1943 and 1994.

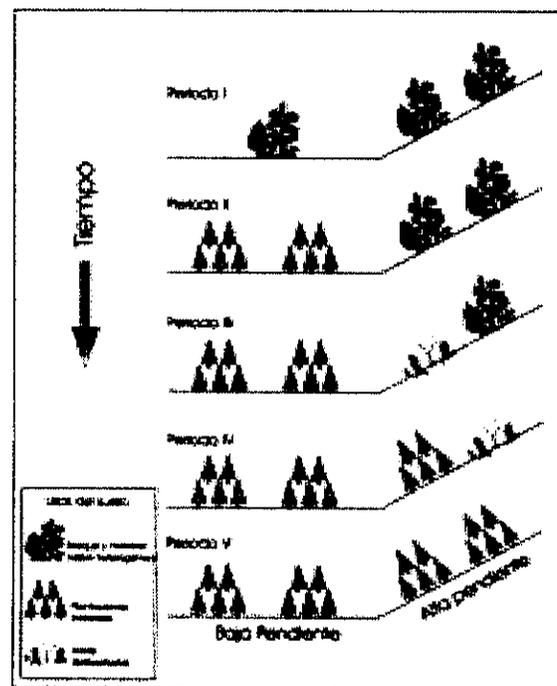


Figura 7. Modelo conceptual del proceso de cambio de uso del suelo para la cordillera de Nahuelbuta (Cisternas *et al.*, 1999 b). Conceptual model of the soil use change process for the Nahuelbuta range (Cisternas *et al.*, 1999 b)

tres máximos se aproximan a $1 \text{ tm ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Valores bajo la media ($0.5 \text{ tm ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) predominan por periodos más largos (Cisternas *et al.*, 2001).

Tabla 4. Síntesis de los resultados obtenidos en las determinaciones de los parámetros físicos y químicos, en la cual se han considerado en conjunto los datos obtenidos en los cuatro períodos de muestreo realizados a lo largo de 1997. *Synthesis of the obtained results in the determination of the physical and chemical parameters, in which the data obtained for the four sampling periods along 1997 have been considered as a whole.*

Parámetro	Chica (n=16)			Grande (n=22)			Quintero (n=16)			Lanahue (n=35)			Lleu-lleu (n=32)		
	x	máx	mín	x	máx	mín	x	máx	mín	x	máx	mín	x	máx	mín
Temperatura (°C)	17.4	24.0	12.5	18.1	24.0	12.2	18.0	27.0	12.0	16.8	21.8	11.5	15.5	23.0	11.4
pH	7.0	7.4	6.5	7.0	7.6	6.5	6.6	7.1	6.3	6.8	7.5	6.4	7.1	7.8	6.6
Conductividad (mS/cm)	70.6	89.6	50.0	84.1	107.4	35.0	58.8	71.8	40.1	42.3	52.0	36.4	33.7	42.5	25.3
Oxígeno disuelto (mg/L)	9.2	10.9	5.9	8.8	10.7	4.9	8.6	9.9	7.4	9.1	10.7	1.2	9.6	11.6	5.4
Alcalinidad (meq/L)	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	0.7	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2
Turbidez (FTU)	1.4	2.9	0.6	2.6	6.8	1.3	7.3	14.5	2.4	4.0	11.2	1.3	1.3	5.8	0.3
Transparencia (m)	5.2	6.3	4.2	3.7	4.5	3.0	1.5	2.0	1.0	3.0	5.0	1.1	8.0	10.0	5.5
Seston total (mg/L)	2.1	6.8	<0.1	3	7.2	<0.1	5.1	9.4	1.0	4.9	22.4	1.5	2.1	7.6	<0.1
P-total (mg/L)	4.9	8.2	1.2	11.9	26.0	5.1	11.8	17.18	7.8	13.2	106.6	6.7	3.4	8.9	1.4
N-total (mg/L)	0.166	0.320	0.061	0.225	0.340	0.084	0.250	0.433	0.127	0.196	0.300	0.114	0.154	0.430	0.036

La figura 9C muestra las relaciones detectadas entre el uso del suelo y las tasas de erosión. Más que la tipología de uso, el cambio total resultó ser el parámetro con mejor explicación. Se observa que modificaciones en el cambio total se traducen en incrementos en las tasas de erosión (Cisternas *et al.*, 2001). La Figura 9 D presenta la correlación obtenida entre ambas variables ($r^2=0.95$).

Comparación entre las condiciones prehispánicas y actuales

La comparación realizada entre sedimentos prehispánicos y actuales de los lagos estudiados, indican que han sufrido drásticas transformaciones desde la llegada de los españoles, evolucionando, de acuerdo al polen, desde una cobertura vegetal natural a una fuerte presión de uso forestal (Cisternas *et al.*, 2000). Del mismo modo, el estudio cualitativo del agua, a través de las diatomeas, reconoce un cambio en sus características tróficas; desde aguas oligotróficas a eutróficas en Laguna Grande, y desde oligotrofia a mesotrofia en Laguna Chica (Urrutia *et al.*, 2000).

Calidad del agua

En la Tabla 4 se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en las determinaciones de los parámetros físicos y químicos, en la cual se han considerado en conjunto los datos obtenidos en los cuatro períodos de muestreo realizados a lo largo de 1997. El número total de muestras que se integró para cada lago fue el siguiente: Laguna Chica de San Pedro $n=16$, Laguna Grande de San Pedro $n=22$, Laguna Quiñenco $n=16$, Lago Lanalhue $n=35$ y Lago Lleu-lleu $n=32$. Considerando la serie de 5 lagos, los rangos de variación por parámetro son los siguientes: temperatura 11.4-27.0 °C, pH 6.3-7.8, conductividad 25.3-107.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, oxígeno disuelto 1.2-11.6 mg/L, alcalinidad 0.2-0.7 meq/L, turbidez 0.3-14.5 FTU, transparencia 1-10 m, seston total <0.1-22.4 mg/L, P-total 1.4-106.6 $\mu\text{g}/\text{L}$ y N-total 0.036-0.430 mg/L.

El Lago Lleulleu y la Laguna Chica de San Pedro presentan una buena calidad de agua considerando, los valores de la transparencia, del seston, oxígeno disuelto y las concentraciones de fósforo y nitrógeno, mientras que considerando los valores que alcanzan los mis-

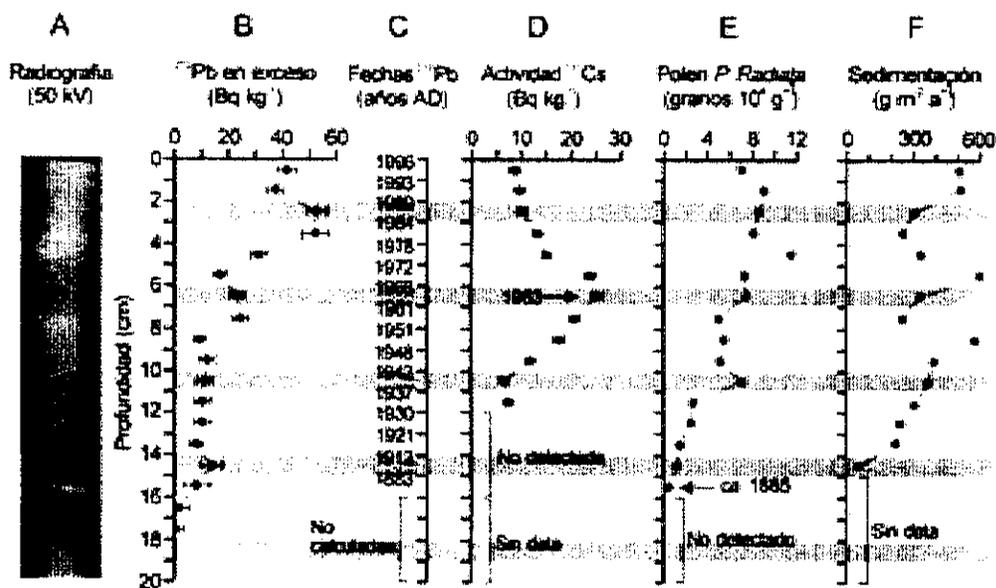


Figura 8. Radiografía (A), actividad de ^{210}Pb en exceso (B), modelo cronológico (C), actividad de ^{137}Cs (D), concentración de polen de *P. radiata* (E), tasas de sedimentación (F) del registro sedimentario de Laguna Chica (Cisternas *et al.*, 2001). X-Ray (A), activity of ^{210}Pb in excess (B), chronologic model (C), ^{137}Cs activity (D), *P. radiata* pollen concentration (E), sedimentation rates (F) of the sedimentary record of Laguna Chica (Cisternas *et al.*, 2001)

mos parámetros en las lagunas Quiñenco y Grande de San Pedro, y el Lago Lanalhue, ellas presentan una moderada calidad de agua (Tabla 4). Las variables asociadas a la entrada de sólidos en suspensión debido a la erosión

de sus cuencas de drenaje, afectan a todos los sistemas estudiados, aunque en diverso grado. Los sistemas más afectados por este proceso corresponde a la Laguna Quiñenco y al Lago Lanalhue.

Tabla 5. Cuadro comparativo de la comunidad fitoplanctónica de los 5 lagos. *Comparative chart of the phytoplankton community for the five lakes.*

Parámetros Comunitarios	Laguna Chica de San Pedro	Laguna Grande de San Pedro	Laguna Quiñenco	Lago Lanalhue	Lago Lleu-Lleu
Riqueza específica	39	57	39	48	44
Grupos taxonómicos con mayor riqueza de especies	Bacillariophyceae Chlorophyceae Cyanophyceae	Chlorophyceae Bacillariophyceae Cyanophyceae	Chlorophyceae Bacillariophyceae Chrysophyceae	Bacillariophyceae Chlorophyceae Cyanophyceae	Bacillariophyceae Chlorophyceae Cyanophyceae
Taxa Cyanophyceae	4	3	1	5	5
Taxa Chrysophyceae	1	1	2	3	1
Taxa Xanthophyceae	-	-	-	-	-
Taxa Dinophyceae	2	-	1	3	2
Taxa Cryptophyceae	2	3	1	2	3
Taxa Euglenophyceae	-	-	2	-	-
Taxa Bacillariophyceae	15	19	10	20	24
Taxa Chlorophyceae	15	31	22	15	9
Taxa Desmidiaceae	9	13	16	4	-
Taxa marinos	-	-	-	3	3
Índice acumulativo fitoplanctónico	4.33	4.38	2.43	12.0	-
Especies más frecuentes	<i>M. elachista</i> <i>G. lacustris</i> <i>Cymbella</i> sp. <i>Navicula</i> sp. <i>Di. subovalis</i> <i>S. schroeteri</i>	<i>M. aeruginosa</i> . <i>Mallomonas</i> sp. <i>A. formosa</i> <i>A. granulata</i> <i>Fragilaria</i> sp. <i>M. distans</i> <i>S. tenera</i> <i>C. acutum</i> <i>S. ecornis</i> <i>S. dejectus</i> <i>S. gracile</i> <i>S. leptocladum</i>	<i>Anabaena</i> sp <i>Mallomonas</i> sp. <i>A. granulata</i> <i>S. tenera</i>	<i>A. spiroides</i> <i>M. wesenbergii</i> <i>R. lacustris</i> <i>C. erosa</i> <i>A. granulata</i> <i>Fragilaria</i> sp. <i>M. distans</i> <i>Navicula</i> sp. <i>C. acutum</i> <i>O. lacustris</i> <i>S. gracile</i> <i>S. leptocladum</i>	<i>C. limneticus</i> <i>G. lacustris</i> <i>Peridinium</i> sp. <i>C. ovata</i> <i>C. erosa</i> . <i>A. granulata</i> <i>N. viridula</i> <i>Navicula</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp. <i>S. schroeteri</i>
Especies más abundantes	<i>S. schroeteri</i> <i>M. elachista</i> <i>Fragilaria</i> sp. <i>Di. subovalis</i> <i>Peridinium</i> sp.	<i>M. distans</i> <i>A. granulata</i> <i>E. fotti</i> <i>S. schroeteri</i> <i>M. contortum</i>	<i>A. granulata</i> <i>G. monotaenium</i> <i>Mallomonas</i> sp. <i>D. divergens</i> <i>X. antilopaeum</i> <i>Anabaena</i> sp.	<i>A. granulata</i> <i>A. spiroides</i> <i>M. varians</i> <i>M. dikiei</i> <i>S. schroeteri</i> <i>M. distans</i> <i>M. wesenbergii</i>	<i>A. granulata</i> <i>G. lacustris</i> <i>C. limneticus</i> <i>D. divergens</i> <i>M. elachista</i> <i>Fragilaria</i> sp.
promedio (cél.· L ⁻¹)	122 957	487 849	77 515	495 608	130 328
Máxima densidad celular y estación (cél.· L ⁻¹)	340 950 (verano)	1 074 230 (invierno)	77 515 (primavera)	1 135 260 (invierno)	205 147 (verano)

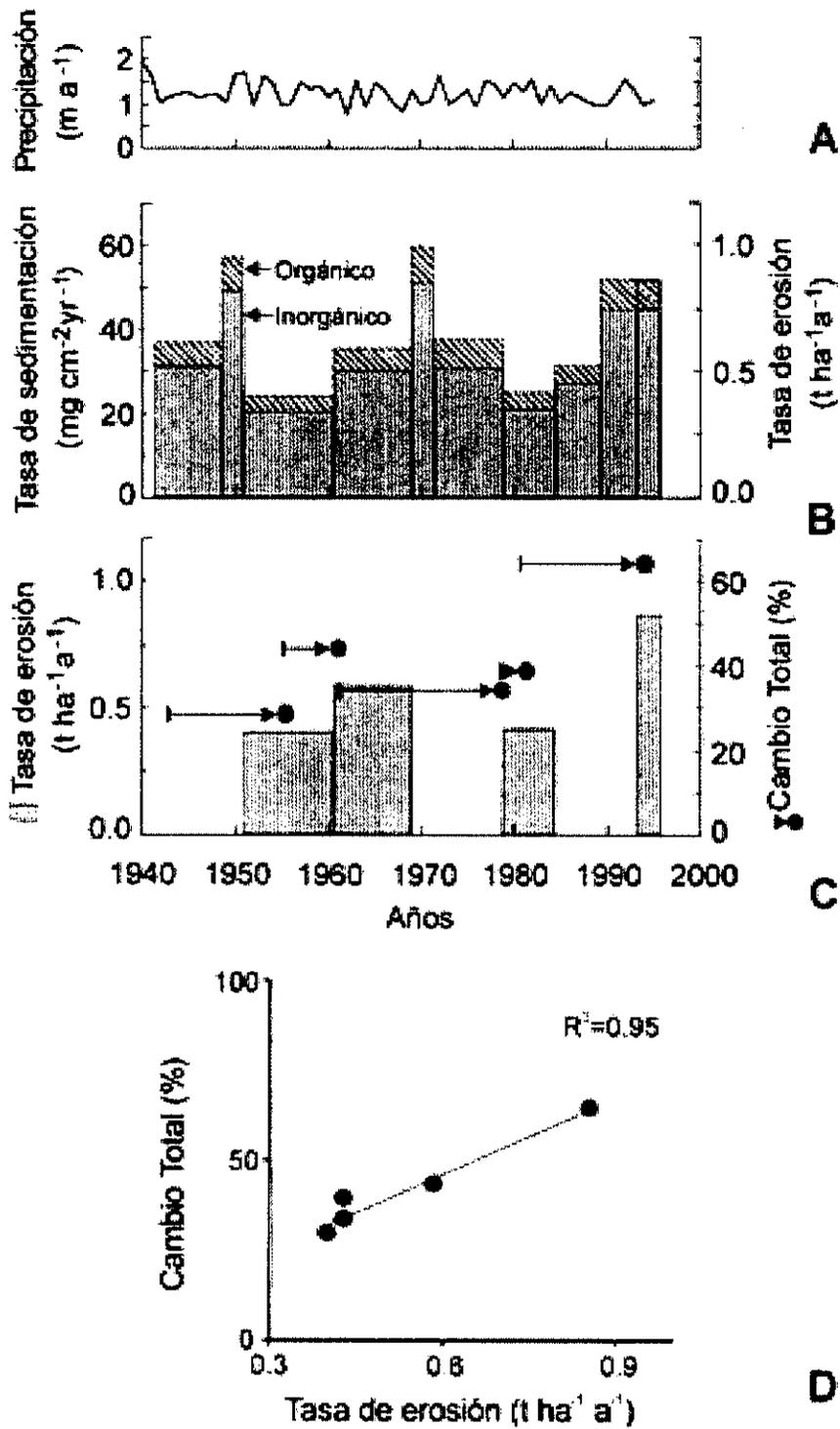


Figura 9. Registro de precipitación (A), tasa de sedimentación y tasa de erosión (B), relación entre Cambio Total y tasas de erosión (C) y correlación entre Cambio Total y erosión (D). Rainfall record (A), sedimentation and erosion rates (B), relationship between Total Change and erosion rates (C), and correlation between Total Change and erosion (D)

Los contenidos de P-total en el agua del Lago Lleulleu y en la Laguna Chica de San Pedro son bajos, y moderados en la Laguna Quiñenco. Por el contrario las concentraciones de la Laguna Grande de San Pedro y del Lago Lanalhue son críticas, al favorecer una elevada producción de materia orgánica que produce condiciones hipóxicas en las aguas del fondo durante el período estival.

Componentes biológicos

Fitoplancton

Estudios previos sobre el fitoplancton de estos lagos corresponden a los de Parra *et al.*, (1976, 1980, 1981, 1982, 1983, 1989) y Dellarossa & Parra (1985). Estos estudios han permitido también comparar temporalmente las comunidades fitoplanctónicas para tres de los cinco lagos estudiados (Chica y Grande de San Pedro, Lanalhue).

La Tabla 5 resume las principales características referidas a la comunidad fitoplanctónica de estos lagos. El estudio de Parra *et al.*, (1999) indica que de los tres cuerpos de aguas que poseían información sobre el fitoplancton, se ha detectado importantes cambios en la composición específica y abundancias relativas de las especies, especialmente en el caso de las Lagunas Chica y Grande de San Pedro y un leve cambio en el Lago Lanalhue. Estos cambios se han reflejado mayormente, en el grupo de las algas verdes o Chlorophyceae, y dentro de éste, particularmente en las Desmidiaceae, grupo muy sensible a cambios de condiciones ambientales, especialmente aquellos asociados a contaminación orgánica y eutroficación. En los mismos tres lagos se habían registrado floraciones acuáticas ("blooms"), los cuales no se detectaron en el presente estudio. Los "blooms" detectados anteriormente, han sido generados por especies del género *Microcystis*, que para el caso de Laguna Grande de San Pedro, correspondió a la especie *M. aeruginosa*, para el Lago Lanalhue *M. wesenbergii* y para la Laguna Chica de San Pedro, importantes abundancias de *B. braunii*. Esta situación es un indicio que las condiciones ambientales de éstos lagos han cambiado. Tanto en la Laguna Grande de San Pedro como en el Lago Lanalhue, los eventos de floraciones algales disminuyeron y en algunos años

hasta el presente no se han desarrollado producto del control de las aguas servidas las cuales fueron desviadas de curso a partir de los años 1992 y 1993, respectivamente. Lo anterior también se ha reflejado en las mediciones de colimetrías fecales.

Bentos

Las comunidades bentónicas reaccionan drásticamente a las perturbaciones en el ambiente y son predecibles ante las influencias humanas sobre los

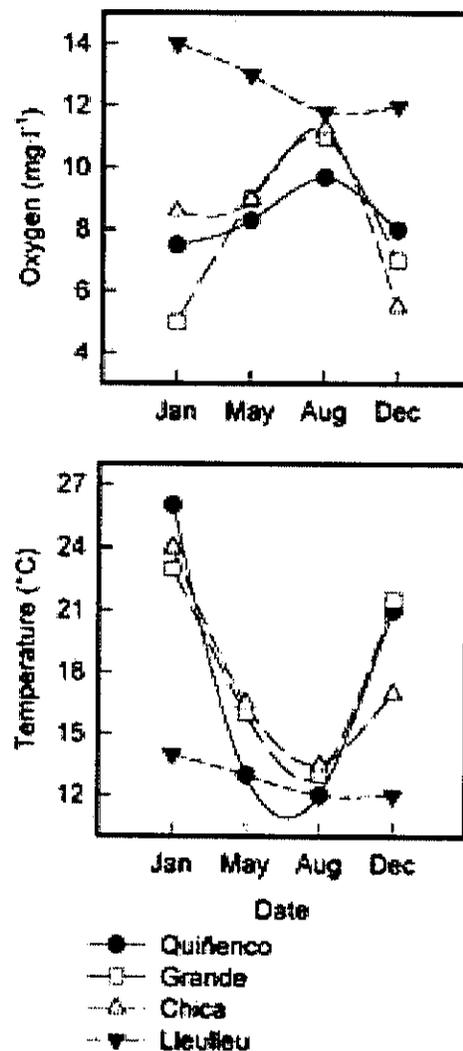


Figura 10. Variaciones anuales en las concentraciones de oxígeno ($\text{mg O}_2\text{l}^{-1}$) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las aguas de fondo de los lagos Grande de San Pedro, Chica de San Pedro, Quiñenco y Lleulleu. Annual variations in the oxygen concentrations ($\text{mg O}_2\text{l}^{-1}$) and temperature ($^{\circ}\text{C}$) in deep waters of Grande de San Pedro, Chica de San Pedro, Quiñenco and Lleulleu lakes.

Tabla 6. Caracterización de los sedimentos superficiales (macroinvertebrados, granulometría, potencial redox (Eh) y carbono orgánico) y contenido de nutrientes de las aguas de fondo (P-total y N-total) de los lagos Quiñenco, Grande de San Pedro, Chica de San Pedro y Leulleu. *Superficial sediments characterization (macroinvertebrates, granulometry, redox potential, (Eh) and organic carbon), and nutrient content of benthic waters (Total-P and Total-N) for lakes Quiñenco, Grande de San Pedro, Chica de San Pedro, and Leulleu.*

		Quiñenco		Grande		Chica		Leulleu	
		Core 1	Core 2	Core 1	Core 2	Core 1	Core 2	Core 1	Core 2
Macroinvertebrados	(>250 μm)	No	No	No	No	No	No	No	No
Granulometría	(Phi medio)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Potencial redox ¹	(mV)	-250	-270	-350	-310	+45	-10	+200	+170
Carbono orgánico	(%)	25.3	28.5	21.4	22.5	15.3	19.0	14.0	17.1
Total-P	($\mu\text{g l}^{-1}$)	35.6	35.0	52.0	52.4	16.4	16.1	4.76	4.70
Total-N	(mg l^{-1})	0.86	0.84	0.68	0.60	0.64	0.65	0.07	0.07

¹bajo los primeros 50 mm de la columna de sedimento.

ecosistemas acuáticos, como es el caso de la eutrofización cultural (Rosenberg & Resh, 1993). En el presente estudio, se analizó el efecto de la trofia de los sistemas lénticos, sobre la estructura de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Los resultados muestran que el estado trófico de un lago tiene un importante efecto sobre las comunidades bentónicas. En la figura 12 se presenta un cuadro que resume la relación existente entre las características bióticas de los lagos y su nivel de trofia (niveles de materia orgánica de los sedimentos, y niveles de Seston orgánico, P-total y N-total). Nótese que los 5 lagos están ordenados en el espacio bidimensional de acuerdo a su macrofauna, coincidiendo con el incremento del nivel de trofia de los lagos siguiendo la secuencia: L. Leulleu, L. Chica de San Pedro, L. Quiñenco, L. Grande de San Pedro y L. Lanahue.

En la figura 13 se señalan las sucesiones de especies (o formas) responsables de la ordenación de las 23 estaciones de muestreo. La línea diagonal divide el NMDS en dos campos: el derecho incluye a las estaciones de fondos blandos (círculos blancos) y el izquierdo a las de fondos duros (círculos negros). Cada campo posee grupos característicos de taxa que están ordenados secuencialmente de acuerdo al nivel trófico de los lagos. En fondos duros de lagos pobres en nutrientes dominan *Meriadialaris* sp., *Aegla* sp. y *Oligochaeta* indet.3; mientras que en lagos ricos en nutrientes dominan *Dugesia anceps*, Arrenuridae indet., *Micropsectra* sp. y *Chironomus* sp. Por otra parte, en fondos

blandos de lagos pobres en nutrientes dominan *Diplodon chilensis* y *Pisidium chilense*, mientras que en los más ricos en nutrientes, Oribatuloidea indet. y Chironomidae indet.3.

Los resultados del análisis de regresión múltiple entre las variables abióticas y bióticas (Tabla 7), indican que la agrupación de las estaciones de muestreo basándose en su macrofauna, es explicada fundamentalmente (en orden jerárquico) por el contenido de materia orgánica de los sedimentos, Seston orgánico, Seston total, Nitrógeno total, Fósforo total y Seston inorgánico.

Los resultados sugieren que: a) los factores abióticos de la columna de agua y sedimentos, afectan la estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos; b) existe una sucesión de especies a lo largo del gradiente de trofia de los lagos, tanto en fondos duros litorales como en fondo blandos sublitorales. En fondos duros de lagos pobres en nutrientes dominan *Meriadialaris* sp., *Aegla* sp. y *Oligochaeta* indet.3; mientras que en lagos ricos en nutrientes dominan *Dugesia anceps*, Arrenuridae indet., *Micropsectra* sp. y *Chironomus* sp. Por otra parte, en fondos blandos de lagos pobres en nutrientes dominan *Diplodon chilensis* y *Pisidium chilense*, mientras que en los más ricos en nutrientes, Oribatuloidea indet. y Chironomidae indet.3.

Las tasas de decaimiento de oxígeno disuelto en columnas de sedimento no perturbadas, han sido empleadas como una medida integradora de la actividad metabólica de las comunidades ben-

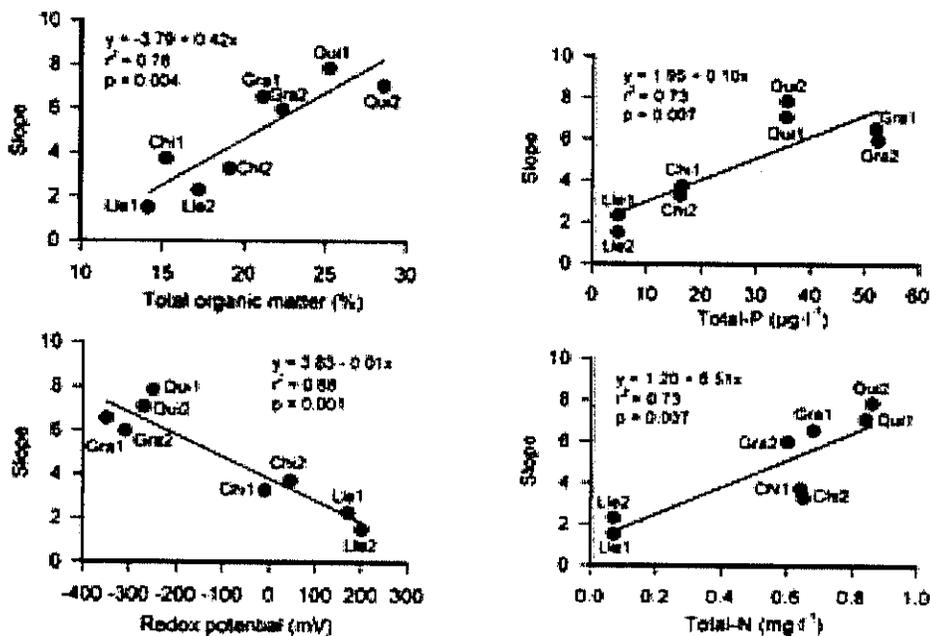


Figura 11. Relaciones entre las pendientes de las curvas de regresión de las tasas de consumo de oxígeno de cada core y las características de los sedimentos (material orgánica total y potencial redox) y de las aguas de fondo (fósforo y nitrógeno total). Chi= Chica, Gra= Grande, Qui= Quiñenco, Lle= Lleulleu, 1= core 1, 2= core 2. Relationships between regression curves' slopes for the oxygen consumption rates of each core and the sediment characteristics (total organic matter and redox potential), and those of deep waters (total phosphorous and nitrogen) Chi= Chica, Gra= Grande, Qui= Quiñenco, Lle= Lleulleu, 1= core 1, 2= core 2.

tónicas de los lagos (Edwards & Rolley, 1965; Pamatmat & Banse, 1969; Smith, 1973; Margrave, 1976; Newrkla & Gunatilaka, 1982). Debido a que la intensidad de los procesos metabólicos de la zona profunda de un lago es dependiente de la producción de materia orgánica en la zona pelágica, las tasas de decaimiento de oxígeno reflejan la condición trófica de todo el lago (Hayes & MacAuley, 1959; Rybak, 1969; Margrave, 1973; Newrkla & Gunatilaka, 1982).

Cuatro de los lagos estudiados, que difieren marcadamente en sus condiciones tróficas, presentan una serie de características que permiten la comparación de las tasas de decaimiento de oxígeno bajo diferentes condiciones de oxigenación: Quiñenco, Grande, Chica y Lleulleu. Al respecto, Valdovinos y Figueroa (2000), realizaron un estudio cuyo principal objetivo fue establecer las relaciones entre las características sedimentarias de lagos con diferentes condiciones tróficas, y las tasas de decaimiento de oxígeno causado por el componente bentónico. La caracterización de los

sedimentos estudiados y de las aguas de fondo se presentan en la Tabla 6. Estos muestran claramente un gradiente en los valores de todos los parámetros analizados desde condiciones de oligotrofia (Lleulleu) a eutrofia (Quiñenco). Con respecto a las variaciones anuales en las concentraciones de oxígeno (mg/L) y temperatura (°C) en las aguas de fondo de los lagos, estos muestran un marcado comportamiento estacional, con valores más elevados en invierno y más bajos en verano. Los valores más bajos se corresponden con los lagos con mayores niveles de trofia, tales como en los lagos Quiñenco y Grande de San Pedro (Fig. 10).

Con respecto a las tasas de consumo de oxígeno de los sedimentos, los resultados mostraron que existe una clara correlación entre esta variable y el estrado trófico de los lagos (Fig. 11). A 8 mg $O_2 \cdot l^{-1}$ en la columna de agua de los cores estudiados, las tasas de consumo de oxígeno fueron: Quiñenco 51.2 - 56.0 mg $O_2 \cdot m^2 \cdot h^{-1}$ (eutrófico), Grande 41.2 - 46.4 mg $O_2 \cdot m^2 \cdot h^{-1}$ (mesotrófico), Chica 23.2 - 18.1 mg $O_2 \cdot m^2 \cdot h^{-1}$ (mesotrófico), y

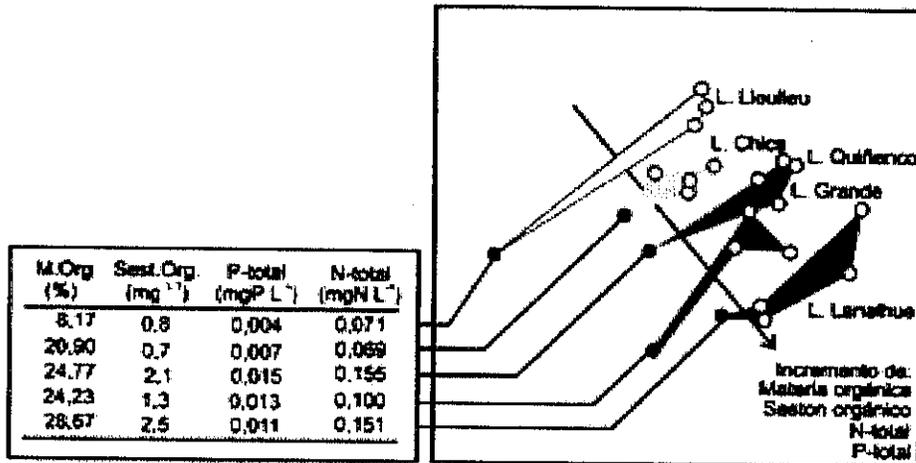


Figura 12. Ordenación de lagos en función de la biota bentónica y nivel de trofia. Lakes arrangement as a function of the benthic biota and trophic state.

Tabla 7. Regresión múltiple entre las variables abióticas y bióticas (valores de los dos primeros ejes del NMDS, que ordena las 23 estaciones de muestreo realizadas en los 5 lagos estudiados. r^2 -ajustado: coeficiente de determinación múltiple ajustado, el cual indica la fracción de la varianza explicada por una variable. Para ANOVA: * $p < 0,05$, ** $p < 0,001$, n.s.: no significativa. Multiple regression between abiotic and biotic variables (values for the two first axes of the NMDS, that arranges the 23 sampling stations in the five studied lakes. Adjusted r^2 : adjusted multiple determination coefficient, which indicates the fraction of the variance explained by a variable. For ANOVA: * $p < 0,05$, ** $p < 0,001$, n.s.: not significant.

Variable	r^2 -ajustado	F	g.l.	p	
Sedimento					
Materia orgánica	0.723	29.65	2.2	0.0000	**
Columna de agua					
Seston orgánico	0.619	18.84	2.2	0.0000	**
Seston total	0.529	13.38	2.2	0.0002	**
Nitrógeno total	0.504	12.18	2.2	0.0003	**
Fósforo total	0.475	10.96	2.2	0.0006	**
Seston inorgánico	0.404	8.46	2.2	0.0021	**
Alcalinidad	-0.002	0.98	2.2	0.3920	n.s.

Lleulleu 11.7 - 16.0 mg O₂ m² h⁻¹ (oligotrófico). Por otra parte, exponiendo en laboratorio los sedimentos a diferentes niveles de oxígeno, se observó que el metabolismo de la comunidad bentónica se reduce al decrecer las concentraciones de oxígeno.

Las pendientes de las curvas de regresión, que relacionan las tasas de decaimiento del oxígeno con las concentraciones de oxígeno, difieren significativamente entre los lagos estudiados. Estas pendientes estuvieron relacionadas con el contenido de materia orgánica total del

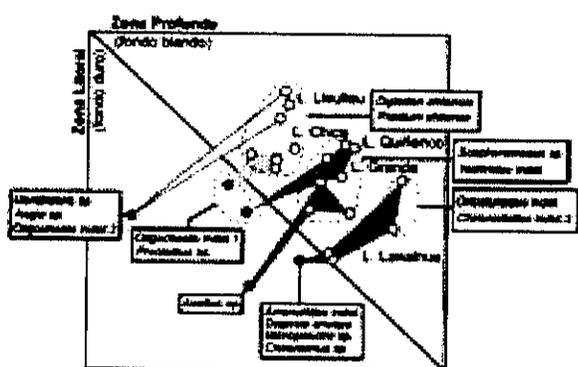
sedimento (pendiente= $-3.79 + 0.42 \cdot MO$, $r^2 = 0.78$, $p < 0.05$), con el potencial redox (pendiente= $3.83 - 0.01 \cdot Eh$, $r^2 = 0.88$, $p < 0.05$), con el fósforo total de las aguas de fondo (pendiente= $1.95 + 0.10 \cdot P$, $r^2 = 0.73$, $p < 0.05$), y con el nitrógeno total de las aguas de fondo (pendiente= $1.20 + 6.51 \cdot N$, $r^2 = 0.73$, $p < 0.05$).

Fauna íctica

El nivel de nutrientes en los lagos no solo influye en la producción íctica, sino también en la

Tabla 8. Especies de peces registradas en los 4 sistemas estudiados. *Fish species registered for the 4 studied systems.*

Especies	Lleulleu	Chica	Lanahue	Grande
Nativas				
<i>Percilia irwini</i>		✓		✓
<i>Galaxias maculatus</i>		✓	✓	✓
<i>Cheirodon galusdae</i>		✓		✓
<i>Nematogenis inermis</i>		✓		✓
<i>Percichthys trucha</i>			✓	✓
<i>Geotria australis</i>				✓
Introducidas				
<i>Oncorhynchus mykiss</i>		✓		✓
<i>Salmo trutta</i>	✓			
<i>Odontesthes bonariensis</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Cyprinus carpio</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Gambusia holbrooki</i>		✓		✓
<i>Cichlasoma facetum</i>		✓		✓
<i>Carassius carassius</i>				✓
Total Nativas / introducidas	0/3	4/5	2/2	6/6
Total	3	9	3	12

Figura 13. Especies indicadoras del bentos de la condición trófica de los lagos para ambientes litorales y profundos. *Benthos trophic condition index species of the lakes, for littoral and deep environments*

composición específica de la comunidad (Colby *et al.*, 1972). En los sistemas estudiados la riqueza de especies varía de 3 en Lleulleu a 12 especies en Laguna Grande (Tabla 8), reflejando una tendencia al incremento en la riqueza y diversidad de especies en este ambiente de mayor trofia (Scasso, 1996). En los cuatro lagos, la relación de especies nativas a introducidas es cercana a 1:1, a excepción del lago Lleulleu (Corfo, 1995), donde, debido al uso de un único arte de pesca, no ha sido registrada la presencia de especies en la zona litoral. En la

zona pelágica, *Odontesthes bonariensis* corresponde a la especie más abundante de los cuatro sistemas, seguida por *Oncorhynchus mykiss* en Laguna Chica y *Cyprinus carpio* en Lanahue y Laguna Grande. La alta abundancia de *O. bonariensis* y *C. carpio* es común en sistemas eutróficos, donde son especies exitosas gracias a sus hábitos alimentarios oportunistas (Prochelle & Campos, 1985; Vila & Soto, 1984).

Por su parte, las especies de salmónidos responden inicialmente a la eutrofización con un aumento en su tasa de crecimiento corporal, pero luego disminuyen su reproducción, siendo finalmente reemplazadas por otras especies (Colby *et al.*, 1972). Ello se refleja en la ausencia de *S. trutta* en los lagos Lanahue, Grande y Chica, en tanto que habita en Lleulleu, al igual que en otros tres lagos oligotróficos de la región (Laja, Icalma y Galletué; Campos *et al.*, 1993, Scasso & Campos, 1998). La segunda especie salmonídea presente en estos sistemas, *O. mykiss*, parece adaptarse mejor que *S. trutta* a mayores niveles de eutrofización, ya que se encuentra presente en las lagunas Chica y Grande. Sin embargo, su aporte porcentual a la biomasa de la comunidad pelágica disminuye de un 26% en Laguna Chica a un 19% en Laguna Grande (Scasso, 1996). Su mejor adaptación a niveles intermedios de eutrofización quedan demostrados además en la

mayor abundancia, biomasa y producción que alcanza en laguna Chica respecto de laguna Grande (Scasso & Campos, 1998), (Tabla 9). De igual forma, *O. bonariensis* también refleja una mayor adaptación a ambientes mesotróficos, alcanzando mayor biomasa y producción en Laguna Chica y obteniendo un largo asintótico y edades significativamente mayores en Laguna Chica (longitud total máxima observada 53 cm y VIII años) que en Laguna Grande (43 cm y V años) (Scasso & Campos, 1999). Sin embargo, la mayor tasa de crecimiento de *O. bonariensis* se produce en Laguna Grande, lo que se relacionaría con una mayor disponibilidad de alimento (Scasso & Campos, 1999).

A pesar del mayor nivel de trófia de Laguna Grande, los valores de densidad íctica (1171 peces ha⁻¹) y biomasa íctica (563±177 kg ha⁻¹) no presentan diferencias significativas con los obtenidos en Laguna Chica (896 peces ha⁻¹ y 591±86 kg ha⁻¹). Sin embargo, ambos valores son significativamente mayores a los del Lago Icalma, oligotrófico (184 peces ha⁻¹ y 164±24 kg ha⁻¹; Scasso, 1996). De igual forma, la producción íctica y el máximo rendimiento sostenido no son significativamente diferentes en ambos sistemas, aún cuando, Laguna Grande permite la extracción de mayores cuotas de captura por especie (Tabla 9).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los ecosistemas acuáticos continentales interactúan con el sistema terrestre de diferentes maneras, así, la mantención de los procesos ecológicos son muy dependientes de esta relación (Tundisi et al., 1997), las que también dependen de las características geomorfológicas que han dado origen a las cuencas lacustres. Por lo tanto, es importante analizar estas interacciones en un contexto regional, histórico y a una escala geológica y actual. La evolución física y biológica de un lago es el resultado de un proceso dinámico el cual a su vez es dependiente de un sistema geomórfico (Tundisi et al., 1997). Así, las relaciones entre superficie terrestre, la hidrología de pendientes, la superficie del cuerpo de agua y el desarrollo de la línea de costa, entre otras, son fundamentales para entender la magnitud y carácter de las entradas de material alóctono a los lagos y en la formación de los patrones estacionales de estratificación física, química y biológica. Pero también es relevante tener presente la acción humana en una escala temporal apropiada a dicha acción, la que puede incidir fuertemente en el establecimiento de nuevos patrones geomorfológicos y también en las interacciones entre los sistemas terrestres y acuáticos.

El sistema estudiado ofrece una oportunidad para comprender las características ecológicas

Tabla 9. Producción íctica, máximo rendimiento sostenido y cuotas de captura por especie en Laguna Grande y Chica (Basado en Scasso 1996). *Ichthy production*

Especie	Laguna Chica de San Pedro			Laguna Grande de San Pedro		
	Producción íctica (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Máximo Rendimiento Sostenido (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Cuota de captura (peces/día)	Producción íctica (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Máximo Rendimiento Sostenido (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Cuota de captura (peces/día)
<i>O. mykiss</i>	94	33.7	32	63	21.7	50
<i>O. bonariensis</i>	269	123.5	36	159	114.3	96
<i>P. trucha</i>	-	-	-	33	12.5	45
<i>C. carpio</i>	-	-	-	65	21.5	s/r
TOTAL	384	157	68	364	170	191

s/r: sin restricción

presentes considerando que estas son las consecuencias de las interacciones en el tiempo que se han dado con los ecosistemas terrestres. Esto es posible por: a) la información limnológica base disponible y generada, b) el conocimiento que se ha logrado últimamente sobre los sistemas terrestres y c) por la evaluación de la magnitud de las actividades humanas efectuadas en ambos sistemas. De lo anterior resulta importante definir un marco de referencia respecto a los puntos indicados lo cual facilitará el entendimiento de algunas relaciones causa-efecto postuladas.

1. El sistema de lagos nahuelbutanos comparten en gran medida importantes características naturales básicas relacionadas con la geología, climatología, geomorfología, hidrografía, cobertura vegetal pretérita y actual.
2. Al mismo tiempo, producto de las relaciones que emergen entre el sistema geomórfico y el cuerpo de agua, se generan particularidades de cada ecosistema acuático, determinadas por relaciones cuantitativas como por ejemplo, las relaciones entre las superficies de las áreas de drenaje y la de los cuerpos de aguas, el desarrollo de la línea de costa, tiempo de renovación de las aguas, que a su vez determinan algunas de las características limnológicas (estratificación térmica, concentración de nutrientes) y el grado de impacto de algunas acciones humanas (contaminación orgánica, concentración de coliformes, modificación de sustratos de fondo).
3. Las principales acciones humanas efectuadas en el sistema son:
 - Remoción del bosque nativo en las áreas de drenaje y su reemplazo por actividad agrícola y/o en mayor parte por plantaciones forestales (*Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp.).
 - Establecimiento de asentamientos humanos, actividades turísticas y recreativas, y construcción de caminos civiles y forestales afectando la configuración de pendientes cerca de los lagos.
 - Introducción de especies de peces (*Cyprinus carpio*, *Carassius carassius*, *Odontesthes bonariensis*, *Oncorhynchus mykiss*).

- Introducción de especies de malezas acuáticas (e.g. *Egeria densa*).

A lo anterior se debe agregar que ninguno de los sistemas acuáticos y sus respectivas cuencas se encuentran sometidos a un régimen de protección especial y prácticamente todas sus superficies son de carácter productivo y de desarrollo indígena (áreas de los Lagos Lanalhue y Lleulleu), lo que explica el alto nivel de intervención que ha sido sometido el sistema.

Como se indicó en los resultados, durante gran parte del presente siglo, el área de emplazamiento del sistema de lagos nahuelbutanos, ha sufrido una de las más importantes modificaciones medio ambientales generadas desde la llegada de los colonizadores españoles; el reemplazo del bosque nativo por plantaciones forestales de *P. radiata* y *Eucalyptus* spp. Este proceso es el factor más importante que ha producido el paulatino incremento de la exportación de sedimentos y nutrientes (Cisternas *et al.*, 1997, 1999, 2000). Esta situación también ha sido descrita para otras áreas de la Región (Oyarzun 1993, 1997). Por las características de la actividad forestal, los periodos de cosechas son negativos, especialmente si las plantaciones se localizan en pendientes altas. Según los mismos autores, más que las plantaciones forestales por sí mismas, aparentemente es negativa la localización adoptada, y más aún la aplicación de la tala rasa como método de cosecha. La historia "ambiental" propuesta para laguna Chica de San Pedro y aplicable a todas las cuencas de drenaje del sistema de lagos nahuelbutanos consiste en: i) fase de degradación antrópica del bosque nativo, caracterizado principalmente por tala y quemados, para realizar siembras; ii) fase de preparación del suelo para las primeras plantaciones forestales y finalmente, iii) fase de activo proceso de crecimiento urbano desarrollado con mayor intensidad en las cuencas cercanas a la conurbación de Concepción.

Todo lo anterior indica que durante los últimos 50 años las cuencas hidrográficas localizadas en el sector norte de la Cordillera de Nahuelbuta han sido modificadas entre un 50 a

un 90% de sus superficies, lo que en el transcurso del tiempo ha significado modificación de los gradientes de pendientes, incremento y alteraciones en los patrones de sedimentación y aportes de nutrientes a los cuerpos acuáticos, situación que se mantiene hasta hoy día.

La circulación de materia orgánica de origen terrestre en los lagos produce una considerable producción de nutrientes inorgánicos y pasa a constituir la base de varias cadenas tróficas a partir del detritus. En el área de estudio se han estimado aportes de sedimentos entre 0.10 a 1.16 tn ha^{-1} por año⁻¹ (Cisternas *et al.*, 2000). Así una de las consecuencias primaria del corte de los bosques son los cambios en las tasas de sedimentación. Después de la remoción de la cubierta vegetal, los suelos pueden permanecer descubiertos por meses (5-6 meses hasta un año). Todo lo anterior explicaría los cambios en la composición química de los sedimentos indicados por Urrutia *et al.* (2000) y Valdovinos y Figueroa (2000). Por otra parte las modificaciones en la cobertura vegetal produce también alteración en la pendiente modificando los patrones de escorrentía y de erodabilidad afectando también la entrada de sedimentos y nutrientes afectando las características de los sustratos litorales para invertebrados.

Otro efecto de las plantaciones tanto de *Pinus* como de *Eucalyptus* es la homogenización del detritus vegetal, muy diferente al producido por coberturas vegetales nativas, lo que produce cambios en la composición iónica de las aguas (Tundisi *et al.*, 1997).

La influencia humana ha sido mayor en los lagos Grande y Chica de San Pedro y en el Lago Lanalhue por las influencia de áreas urbanas de Concepción y Contulmo respectivamente. Lo anterior ha significado por algún tiempo la entrada de aguas lluvias y aguas servidas, la modificación de sus pendientes por la construcción de caminos y accesos públicos y una fuerte alteración de la línea de costa por infraestructura turística y recreativa. Es justamente en los dos primeros lagos donde se han introducido malezas acuáticas dominadas por *Egeria densa*, que hasta hoy cubren toda la zona litoral de los lagos. Otros efectos fueron sobre la calidad del agua, particu-

larmente en aquellos parámetros relacionados con la calidad microbiológica, la transparencia, las concentraciones de nutrientes, la presencia de floraciones algales, y la presencia de indicadores algales y bentónicos de incremento de la trofia.

Si se comparan los resultados de la clasificación de la calidad de agua de los lagos, con variables de respuesta biológica a los procesos de eutroficación, tales como indicadores fitoplanctónicos (Parra *et al.*, 1999), bentónicos (Valdovinos *et al.*, 2000) y fauna íctica (Scaso y Campos, 1998; 1999), se observan claras diferencias, las cuales pueden ser atribuidas al estado trófico de estos cuerpos de aguas. En los lagos que presentan una menor concentración de nutrientes y mejor calidad de agua, *e.g.* Lago Lleulleu y la Laguna Chica de San Pedro, la abundancia fitoplanctónica es de moderada a baja (<150 000 cél./L). Esta condición es congruente con algunas características de las comunidades bióticas que son indicadores de buena calidad de agua, típicas de lagos oligo- a mesotróficos, tales como la elevada relación Bacillariophyceae / Chlorophyceae (>8). Con respecto a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, se observa una gran abundancia de bivalvos suspensívoros tales como *Diplodon chilensis* (Bivalvia: Hyriidae), lo cual de igual forma sugiere condiciones de buena calidad de agua. Lo mismo ocurre con la presencia de *Salmo trutta* en el lago Lleulleu, especie salmónida de altos requerimientos de calidad de agua.

Por el contrario, en los lagos que presentan una mayor trofia y calidad de agua inferior, tales como Laguna Grande de San Pedro y el Lago Lanalhue, la abundancia fitoplanctónica es elevada (>400 000 cél./L) y la comunidad posee indicadores de moderada a mala calidad de agua, típicos de lagos meso- eutróficos tales como la baja proporción Bacillariophyceae / Chlorophyceae (<8), y la presencia de *Microcystis aeruginosa* y *M. wesenbergii* y desarrollo de floraciones algales. En relación a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, se observa la presencia de bioindicadores de regular calidad de agua tales como isópodos del género *Asellus* y ácaros Oribatuloidea que también son

bioindicadores de moderada a mala calidad de agua. En los peces, son abundantes especies generalistas y tolerantes tales como *Cyprinus carpio* y *Carassius carassius*.

El análisis comparativo de los parámetros asociados a la comunidad fitoplanctónica de los cinco lagos, demostró que cada uno de ellos presenta una comunidad particular, con diferencias notables entre ellos y por lo tanto, no existe un patrón que los asimile. En ninguno de los lagos estudiados en periodo del año 1997 se detectaron floraciones algales o abundancias relevantes de especies indicadoras de contaminación orgánica. Se postula, sobre la base de la composición específica, especies más frecuentes y más abundantes, así como la densidad total del fitoplancton, la siguiente clasificación trófica: oligotrofia para el lago Lleulleu, una mesotrofia a una ligera eutrofia para la laguna Chica de San Pedro, eutrofia para Laguna Grande y Lanalhue y una condición trófica particular, que correspondería a una distrofia producto del material particulado orgánico y probablemente una importante concentración de material húmico, para laguna Quiñenco.

Laguna Quiñenco posee una condición de moderada calidad de agua, sin embargo, a diferencia de las Laguna Grande de San Pedro y el Lago Lleulleu, posee una baja abundancia fitoplanctónica (<80 000 cél./L), a pesar de poseer significativas concentraciones de nutrientes. Esto se debería a que el factor limitante de la comunidad fitoplanctónica sería la baja penetración de la luz, asociada fundamentalmente a la elevada carga de seston y al color, debido a la presencia de ácidos húmicos, por lo cual corresponde a un típico lago distrófico (Wetzel, 1983). Por el contrario, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos está compuesta por taxa indicadores de regular a buena calidad de agua.

Lo anterior también se ajusta a los resultados obtenidos sobre la tasa de consumo de oxígeno de los sedimentos (Valdovinos & Figueroa, 2000). Este parámetro se utiliza como una medida integradora de la actividad metabólica de las comunidades bentónicas. Considerando que la intensidad de los procesos

metabólicos de la zona profunda de un lago es dependiente de la producción de materia orgánica en la zona pelágica, las tasas de consumo de oxígeno de los sedimentos reflejan la condición trófica de todo el lago (Newrkla y Gunatilaka, 1982). A mayor tasa de consumo de oxígeno, menor es su calidad de agua. Los lagos con bajos contenidos de nutrientes y buena calidad de agua, coinciden con los que poseen las tasas de consumo de oxígeno más bajas (Lleulleu y Chica de San Pedro). Por el contrario, el lago con una calidad inferior, posee una elevada tasa de consumo de oxígeno (Grande de San Pedro). Laguna Quiñenco posee una condición intermedia. No se cuenta con datos de consumo de oxígeno del Lago Lanalhue que puedan ser discutidos.

Los lagos pueden ser clasificados también como oligotróficos, mesotróficos o eutróficos, basados en sus concentraciones de nutrientes o en las tasas de producción de materia orgánica (Valdovinos & Figueroa, 2000). En los lagos estudiados, asumiendo que las entradas alóctonas de materia orgánica no tienen tanta relevancia como la producida en el interior de los lagos, la producción de la zona pelágica se traduce en una significativa sedimentación de material alóctono. De esta forma, los nutrientes asociados a la materia orgánica, son removidos temporalmente de la columna de agua. Estos nutrientes estarán nuevamente disponibles para la producción primaria, como resultado de la actividad metabólica de la comunidad bentónica. Debido a que la densidad y composición de especies de la comunidad bentónica profunda es fuertemente dependiente de la cantidad de materia orgánica producida en la zona pelágica, su actividad metabólica está ligada a la productividad del lago (Hayes & MacAuley, 1959; Rybak, 1969; Margrave, 1973; Newrkla & Gunatilaka, 1982; Riise & Roos, 1997).

En el estudio de Valdovinos y Figueroa (2000), las tasas de consumo de oxígeno más elevadas fueron medidas en los sedimentos de Quiñenco seguidas por Grande. Comparativamente, bajos valores fueron medidos en los sedimentos de Chica y Lleulleu. Los resultados también muestra-

ron que exponiendo en laboratorio los sedimentos a diferentes niveles de oxígeno, se observó que el metabolismo de la comunidad bentónica se reduce al decrecer las concentraciones de oxígeno. Eso es explicable debido a que la falta de oxígeno favorece la descomposición anaeróbica de la materia orgánica e incrementa la cantidad de metabolitos, incrementando el déficit de oxígeno en los sedimentos (Rybak, 1969; Dechev *et al.*, 1977; Newrkla & Gunatilaka, 1982; Riise & Roos 1997). La falta de oxígeno suficiente actúa disminuyendo las tasas de consumo bentónico de oxígeno, como fue demostrado en los cuatro lagos. Las altas pendientes en las curvas de regresión en Quiñenco y Grande.

Los métodos empleados en este estudio comparativo de las tasas de consumo de oxígeno son simplificados y no necesariamente duplican las condiciones ocurridas en condiciones naturales, sin embargo, a pesar de estas dificultades, estas herramientas serían útiles para la evaluación cuantitativa del compartimento bentónico de un lago, en relación a su nivel trófico. Los resultados obtenidos sugieren que los factores abióticos de la columna de agua y sedimentos, afectan la estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos. Las comunidades varían siguiendo un continuo a lo largo de un gradiente de nivel trófico, a lo largo del cual se observa una clara sucesión de especies. Los datos son consistentes con la hipótesis que señala que un incremento del nivel trófico de un lago, debido a un aumento de macronutrientes como P y N, favorece la productividad fitoplanctónica generando un incremento del contenido de materia orgánica de los sedimentos, lo cual afecta la estructura comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos.

En cuanto a la ictiofauna, la dispar información disponible hace difícil el reconocimiento de patrones ictiofaunísticos debidos a los diferentes niveles de trofia. A pesar de ello, la información existente muestra algunas tendencias, tales como el aumento en el número de especies en el sistema más eutrófico, correspondiente a laguna Grande. Según Scasso & Campos (1999) este hecho se debe a la mayor adición y mejor adaptación de especies exóticas

como *C. carpio* y *C. carassius* a las aguas eutróficas. Además, es posible que la mayor heterogeneidad ambiental de la zona litoral de Laguna Grande, dada por la abundancia de hidrófitas vasculares, favorezca la presencia de un mayor número de especies. A pesar de esta mayor riqueza específica, la información existente muestra la tendencia de Laguna Grande (eutrófica) a presentar una menor productividad que Laguna Chica (mesotrófica).

Esto resulta consistente con la tendencia de la productividad íctica de sistemas leníticos a aumentar con el nivel de trofia sólo hasta cierto límite, ya que los estados avanzados de eutroficación presentan efectos negativos sobre las poblaciones de peces (Campos, 1993). Al respecto, Scasso (1996) indica que la menor productividad de Laguna Grande puede ser explicada en parte por el déficit de oxígeno durante primavera y verano, lo cual implica que los peces sólo utilicen los primeros 9 metros de la columna de agua en dichas épocas. Al evitar las zonas profundas de baja oxigenación las poblaciones de peces ven reducido el espacio disponible (Scasso, 1996; Scasso & Campos, 1999), lo que estaría frenando la productividad en este sistema.

De todo lo expuesto queda de manifiesto que el grado de trofia y de calidad del agua de este sistema lacustre se relacionan con indicadores biológicos expresados en las diversas comunidades existentes y estos a su vez con el nivel de intervención de las cuencas hidrográficas. Queda todavía por avanzar en el conocimiento de mayor detalle sobre estas relaciones, ya que ellas permitirían predecir con mayor precisión la incidencia de acciones humanas sobre la integridad de estos ecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Yely Ambiado, Mauricio Aguayo, Ricardo Faúndes por su valiosa ayuda para la preparación del material gráfico. Esta investigación fue financiada por el Proyecto FONDECYT 196-0600.

BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1980. *Standard methods for the examination of water and waste-water*, New York.
- APPLEBY, P.G., V. J. JONES & J. C. ELLIS-EVANS. 1995. Radiometric dating of lake sediments from Signy Island. *Journal of Paleolimnology*, 13 :179-191.
- BARRIENTOS, C. 1990. *Estructura dinámica de la vegetación en la hoya hidrográfica de la Laguna Chica de San Pedro*. Tesina de Diplomado en Análisis y Gestión del Ambiente. Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción, 23 pp.
- BELLAIR, P. & CH. POMEROL. 1977. *Elementos de Géologie*. A. Collin.
- BERTALANFFY, L. 1938. A quantitative theory of organic growth inquiries on growth laws. *Human biology*, 10(2): 181-213.
- CAMPOS, H., W. STEFFEN, G. AGÜERO, O. PARRA. & L. ZÚÑIGA, L. 1992. Limnology of lake Ranco (Chile). *Limnológica*, 22 (4): 337-353.
- CAMPOS, H., V. H. RUIZ, J. F. GAVILÁN & F. ALAY. 1993. *Peces del Río Biobío*. Serie Publicaciones de Divulgación EULA, 5
- CAMPOS, H. 1993. *Procesos de eutroficación en lagos del sur de Chile. Estimación de los efectos de la acuicultura intensiva*. Seminario Internacional Acuicultura y Medio Ambiente Fundación Chile.
- CIER-SERPLAC. 1976. *Atlas Regional, VIII Región del Biobío*. Chile.
- CISTERNAS, M., A. ARANEDA, O. RETAMAL & R. URRUTIA. 1997. Variaciones Históricas en las tasas de erosión-sedimentación de un cuerpo lacustre antropizado: Utilización de geocronología radioisotópica. *Revista de Geografía Norte Grande*, 24: 151-156.
- CISTERNAS, M., P. DEBELS, P. MARTÍNEZ & R. SANHUEZA. 1999a. Cambios Históricos en el Uso del Suelo de una Pequeña Cuenca Lacustre de Nahuelbuta. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 44: 141-153.
- CISTERNAS, M., P. MARTÍNEZ, C. OYARZÚN. & P. DEBELS. 1999b. Caracterización del proceso de reemplazo de vegetación nativa por plantaciones forestales en una cuenca lacustre de la Cordillera de Nahuelbuta, VIII Región, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72: 661-676.
- CISTERNAS, M., L. TORRES, R. URRUTIA, A. ARANEDA & O. PARRA.. 2000 Comparación ambiental mediante registros sedimentarios entre las condiciones prehispanicas y actuales de un sistema lacustre. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73: 151-162.
- CISTERNAS, M., A. ARANEDA, P. MARTINEZ & S. PEREZ. 2001. Effects of historical land use on sediment yield from a lacustrine watershed in central Chile. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(1): 63-76.
- COLBY, P., G. R. SPANGLER, D. A. HURLEY & A. M. MCCOMBIE. 1972. Effects of eutrophication on salmonid communities in oligotrophic lakes. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 29: 975-983.
- CORFO. 1995. *Potencialidad de las aguas interiores en la zona sur de la Provincia de Arauco (comunas de Cañete a Tirúa): Lagos Lanalhue y Lleulleu*. Fondos Estudios e Investigaciones CORFO.
- DECHEV, G., S. YORDANOV & E. MATVEEVA. 1977. Oxygen consumption and oxygen debt in bottom sediments. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 52: 63-71.
- DELLAROSSA, V. & O. PARRA. 1985. *Estado Ambiental de la laguna Grande de San Pedro y del lago Lanalhue*. Red Mínima de Control de Lagos. Convenio Dirección General de Aguas y Universidad de Concepción, Chile. Informe Final, 209 pp.
- DEVYNCK, J. L. 1970. *Contribución al estudio de la circulación atmosférica en Chile y clima de la región del Biobío*. Universidad de Concepción, Depto. Geofísica, 174 pp.
- DI CASTRI, F. 1968. *Esbozo ecológico de Chile*. In *Biologie de L'Amérique australe*. Deboutteville. C & E. Rapoport (Eds.). Centre National de la Recherche Scientifique, 34 pp.
- DOWNING, J. A., C. PLANTE & S. LALONDE. 1990 Fish production correlated with primary productivity, not the morphoedaphic index. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 1929-1936.
- DOWNING, J. A. & C. PLANTE. 1993 Production of fish populations in lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 110-120.
- EDWARDS, R. W. & H. L. J. ROLLEY. 1965. Oxygen consumption of river muds. *J. Ecol.*, 53: 1-19.
- ENDLICHER, W. & W. MACHEL. 1985. Natural Resources, land use and degradation in the coastal zone of Arauco and Nahuelbuta Range. *Geojournal*, 11 (1):43-64.
- FERRARIS, F. 1981. *Hoja Los Angeles-Angol, Región del Biobío, 1: 250.000*. Mapa Geológico Preliminar N° 5, 10 pp, Sernageomin, Santiago.

- FERRARIS, F. & R. BONILLA. 1981. Hoja *Arauco-Lebu, Región del Biobío, 1: 250.000*. Mapa Geológico Preliminar N° 6, 26pp, Sernageomin, Santiago.
- FUENZALIDA, H. 1971. *Climatología de Chile*. Publicación Int. Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 73 pp.
- HARGRAVE, B. T. 1973. Coupling carbon flow through some pelagic and benthic communities. *J. Fish. Res. Bd Canada*, 30: 1317-1326.
- HARGRAVE, B. T. 1976. Metabolism at the benthic boundary. In: *The benthic boundary layer*. I. N. McCave (ed.). Plenum Press. 232 pp.
- HAYES, F. & M. A. McAULEY, M.A. 1959. Lake water and sediment V. Oxygen consumed in water over sediment cores. *Limnol. Oceanogr.*, 4: 291-298.
- HUTCHINSON, G. E. 1957. *A treatise on Limnology*, Vol. 1. John Wiley, New York.
- KATZ, H. R. 1970. Randpazifische Bruchtektonik am Beispiel Chiles und Neuseelands. *Geologische Rundschau*, 59: 898-926.
- LARSEN, R. J., C. G. SANDERSON & J. KADA. 1995. *EML Surface Air Sampling Program*. Data Report. ONU, 248 pp.
- LEWIS, D.W. 1984. *Practical Sedimentology*. Hutchinson Ross Publishing company. Stroudsburg, Pennsylvania. 229 pp.
- MARDONES, M. & E. JAQUE. 1996. *Geomorfología del valle del río Laja*. I Taller Internacional de geoecología de Montaña y desarrollo Sustentable de los Andes del Sur. The United Nations University: 271-286.
- MARDONES, M. & C. D. REUTHER. 1999. Geomorphological aspects of the drainage pattern around lake Lanalhue and lake Lleulleu in the active convergent margin setting of South-Central Chile. *Mitteilungen Geologische und Paläontologisches Institut und Museum, Universität Hamburg*, 83: 75-88.
- MILLS, A. 1978. *A comparison of methods of determining carbon in marine sediments from the National Status and Trends Program*. NOAA Technical Memorandum NOS OMA 59: 112 pp.
- MOSSETTI, F. 1977. *Le acqua*. Colección II Nostro Universo. UTET.
- NEWKLA, P. & A. GUNATILAKA. 1982. Benthic community metabolism of three Austrian pre-alpine lakes of different trophic conditions and its oxygen dependency. *Hydrobiologia*, 92: 531-536.
- NYGAARD, G. 1949. Hydrobiological studies in some ponds and lakes. II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *Biol. Skr.*, 7: 1-293.
- OYARZUN, C. E. 1993. Evaluación del modelo U.S.L.E. para predecir pérdidas de suelo en áreas forestadas de la cuenca del río Bio-Bio. *Bosque*, 14(1): 45-54.
- OYARZUN, C. E. 1995. Land use, hydrological properties, and soil erodibilities in the Bio-Bio river basin, Central Chile. *Mountain Research and Development*, 5(4): 331-338.
- PAMATMAT, M. M. & K. BANSE. 1969. Oxygen consumption by the seabed - II. In situ measurements to a depth of 180 m. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 250-259.
- PARRA O. 1989. La eutroficación de la Laguna Grande de San Pedro: Un caso de estudio. *Ambiente y Desarrollo*, 5(1): 117-136.
- PARRA, O., V. DELLAROSSA & E. UGARTE. 1976. Estudio limnológico de las lagunas "Chica de San Pedro", "La Posada" y "Lo Méndez" I. Análisis cuali y cuantitativo del plancton invernal. *Bol. Soc. Biol. Concepción*, 50: 73-86.
- PARRA, O., E. UGARTE, E. BALABANOFF, S. MORA, M. LIEBERMANN & A. ARON. 1980. Remarks on a bloom of *Microcystis aeruginosa* Kuetzing. *Nova Hedwigia*, 33: 971-1004.
- PARRA, O., E. UGARTE & V. DELAROSSA. 1981. Periodicidad estacional y asociaciones en el fitoplancton de tres cuerpos lénticos de la Región de Concepción, Chile. *Gayana Botánica*, 36 :1-35.
- PARRA, O., M. GONZALEZ, V. DELLAROSSA, P. RIVERA. & M. ORELLANA. 1982-1983. *Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales de Chile*. Vol. I, 70 pp; Vol. II, 82 pp.; Vol. III, 99 pp. Vol. V 353 pp.
- PARRA, O., C. JARA & L. GUZMÁN. 1989. *Las lagunas intraurbanas de Concepción: Estado actual y perspectivas de recuperación y uso*. Actas del III Encuentro Nacional del Medio Ambiente, 301-313.
- PARRA, O., H. CAMPOS, W. STEFFENS, G. AGÜERO, S. BASUALTO, D. AVILES & M. VIGHI. 1993. *Estudios limnológicos de los lagos Icalma y Galletué: Lagos de origen del río Biobío (Chile Central)*. Monografía Científicas EULA, Ed. Universidad de Concepción, Chile. 12: 161-188.
- PARRA, O., C. VALDOVINOS & A. FIGUEROA. 1998. Caracterización física y química de 5 lagos de Chile Central. *Gayana*, (in press).
- PARRA O., S. BASUALTO, R. URRUTIA & C. VALDOVINOS. 1999. Estudio comparativo de la

- diversidad fitoplanctónica de cinco lagos de diferentes niveles tróficos. *Gayana*, 56(2):25-40.
- PIÑONES, O. & I. TOMICIC. 1995. Estudio de los niveles radiológicos-ambientales en Chile durante el periodo 1966-1994. *Nucleotécnica*, 29:67-82.
- PROCELLE, O. & H. CAMPOS. 1985. The biology of the introduced carp *Cyprinus carpio* L., in the river Cayumapu, Valdivia, Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 20(29): 65-82.
- RICKER, W.E. 1981. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*:191-382.
- RIISE, J. C. & N. ROOS. 1997. Benthic metabolism and the effects of bioturbation in a fertilised polyculture fish pond in Northeast Thailand. *Aquaculture*, 150(1-2): 45-62.
- RIVERA, P., O. PARRA, M. GONZÁLEZ, V. DEALLAROSSA & M. ORELLANA. 1983. *Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales*. Editorial Universidad de Concepción, Vol. IV, Bacillariophyceae. 97 pp.
- ROSENBERG, D. M. & V. H. RESH. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall.
- RYBAK, J. I. 1969. Bottom sediments of lakes of various trophic type. *Ecol. Pol.*, 17: 611-662.
- RYDING, S. & W. RAST. 1992. *El control y de la eutrofización en lagos y pantanos*. UNESCO, Ed. Pirámide, Madrid.
- SCASSO, F. 1996. *Productividad íctica en lagos de diferente estado trófico: recomendaciones de conservación para pesca deportiva*. Tesis de Grado Centro EULA-Chile Universidad de Concepción.
- SCASSO, F. & H. CAMPOS. 1998. *Oncorhynchus mykiss* (Pisces, Salmonidae) populations in lakes of different trophic levels of the Biobío river basin, Chile. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26: 2320-2323.
- SCASSO, F. & H. CAMPOS. 1999. Comparison of two populations of silverside (*Odontesthes bonariensis*) in Eutrophic lakes of Central Chile. *Journal of Freshwater Ecology*, 14(1): 61-70.
- SMITH, K. L. 1973. Respiration of a sublittoral community. *Ecology*, 54: 1065-1075.
- STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R. 1978. *A practical handbook of seawater analysis*. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167.
- TUNDISI, J. G., Y. SAIJO & T. SUNAGA. 1997. Ecological effects of Human Activities in the Middle Rio Doce Lakes. In: *Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. J. G. Tundisi & Y. Saigo (eds.).
- URRUTIA, R., K. SABBE, F. CRUCES, K. POZO, J. BECERRA, A. ARANEDA, W. VYVERMAN & O. PARRA. Paleolimnological studies of Laguna Chica of San Pedro (VIII Region): Diatom, hydrocarbons and fatty acid records. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73:593-604. 2000.
- URRUTIA, R., M. CISTERNAS, A. ARANEDA, O. RETAMAL, O. PARRA & M. MARDONES. 2000. Caracterización morfométrica y sedimentológica de cinco lagos costeros de la VIII Región, Chile. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 45:7-24.
- UTERMOHL, H. 1957. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Vereinigung Theor. Angew. Limnol.*, 15: 158-163.
- VALDOVINOS, C. & A. R. FIGUERO. 2000. Benthic community metabolism and trophic conditions of four South American lakes. *Hydrobiologia*, 429: 151-156.
- VALDOVINOS, C., O. PARRA, R. FIGUEROA, R. URRUTIA & M. CISTERNAS. 2000. Clasificación de la Calidad de las Aguas de Cinco Sistemas Lacustres de Chile Central sometidos a distintos niveles de intervención Humana (enviada).
- VEYL, C., 1961. *Contribución al conocimiento de la Geología regional de la provincia de Concepción*. Inst. de Química. Geología. Universidad de Concepción. Publicación interna.
- VILA, I. & D. SOTO. 1984. *Odontesthes bonariensis* "pejerrey argentino", una especie para cultivo extensivo. FAO Documento técnico, 4: 224 - 228.
- VOLLENWEIDER, R. A. 1968. *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. Rep. Organ. Econ. Coop. And Dev., DAS/CSI/68.27. Paris.
- WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.*, 30:377-392.



Señor Hans Willumsen

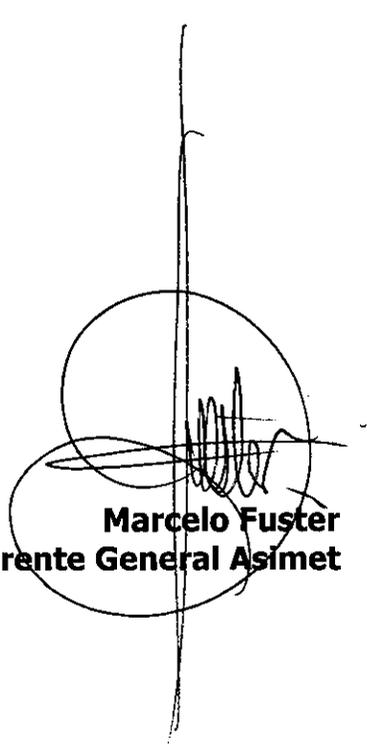
Jefe del Departamento Control de la Contaminación
Comisión Nacional del Medio Ambiente
Teatinos 258
Presente.-



Informamos a ustedes que junto con los representantes de Asimet asistirá a la revisión de la Norma de emisión para la regulación de los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, decreto supremo N° 90/2000, del día viernes 27 de marzo la abogada doña María Isabel Honold.

Atentamente,

Paola Grandela Murasso.
Presidenta Comité de Medio Ambiente de Asimet



Marcelo Fuster
Gerente General Asimet

Dirección Ejecutiva
Departamento de Control de la Contaminación
Área Control de la Contaminación Hídrica

DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO
“Proceso de Revisión DS 90”

Enviado por : MINSAL- Pedro Riveros
e-mail : priveros@minsal.cl
Fecha : Martes, 31 marzo 2009
Hora : 19:16 hrs

DOCUMENTOS ANEXOS

Nº	DOCUMENTO
1	Parámetros físico- químicos en agua potable y riesgo sanitario. Nitrito, nitrato y boro.

Parámetros Físico-químicos en Agua Potable y Riesgo Sanitario
Nitrito, Nitrato y Boro

El Reglamento de los Servicios de Agua, Destinados al Consumo Humano, D.S. 735/69, (actualizado el año 2007), establece, en su artículo 8°, las concentraciones que no deben ser superadas por estas sustancias químicas en el agua destinada al consumo humano, tal como se indica a continuación:

Elementos o Sustancias No Esenciales

Elementos o Sustancias	Expresado como Elementos o Sustancias Totales	Límite Máximo (mg/l)
Nitrato	NO_3^-	50
Nitrito	NO_2^-	3
Razón nitrato + nitrito*	*	1

*: Esto es: la suma de las concentraciones divididas por sus respectivos límites máximos, (Nitrato/50 + Nitrito/3), no debe superar el valor 1.

Estos límites son consistentes con los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud, OMS, y están basados en análisis de riesgo realizados para tales efectos respecto de la metahemoglobinemia (bloqueo del transporte de oxígeno en la sangre), o síndrome del recién nacido cianótico y en lactantes alimentados con mamadera entre otras consideraciones.

La OMS, en su segundo addendum a la tercera edición de las Guías para la Calidad del Agua Potable, tercera (última) edición, plantea para el Nitrito, manteniendo los límites indicados en la tabla, un límite provisional de 0,2 mg/l para exposición de largo plazo, por estar el Nitrato dentro de las sustancias de mayor preocupación para la salud. Por lo cual es muy probable que en un mediano plazo modifique el límite para el Nitrato.

En cuanto al Boro, el Ministerio de Salud se encuentra realizando un estudio, del cual aún no se cuenta con resultados definitivos.

MINSAL

Reunión EXTRAORDINARIA COMITÉ OPERATIVO "Proceso de Revisión DS 90"

Fecha : 01 abril 2009
Lugar : CONAMA CENTRAL, 6º piso
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

DOCUMENTOS DE REUNIÓN

Nº	CONTENIDO
1	Tabla de Reunión
2	Acta de reunión aprobada
3	Presentación al Comité Operativo
4	Parámetros vigentes del DS90
5	Lista de Asistencia

Reunión Extraordinaria "COMITÉ OPERATIVO"
"Proceso de Revisión DS 90"

Fecha : 01 abril 2009
Lugar : CONAMA CENTRAL, PISO 6
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

TABLA DE REUNIÓN

HORA	CONTENIDO	RESPONSABLE
10:30	Bienvenida	Claudia Galleguillos CONAMA
10:40	Presentación parámetros a analizar: <ul style="list-style-type: none">• Color• DBO carbonacea• Nitritos y Nitratos• Boro	Claudia Galleguillos CONAMA
12:50	Acuerdos y Cierre	Claudia Galleguillos CONAMA

REUNIÓN EXTRAORDINARIA COMITÉ OPERATIVO**PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00****Tema:** COMITÉ OPERATIVO, PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00**Fecha:** 01 DE ABRIL 2009 **Lugar:** CONAMA CENTRAL, PISO 6**Horario:** 10:30 a 13:00 hrs

LISTA DE ASISTENCIA		
NOMBRE	INSTITUCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO
Carolina Gómez	Comisión Nacional de Energía	cgomez@cne.cl
Nancy Cepeda R.	SISS	ncepeda@siss.cl
Gabriel Zamorano	SISS	gzamorano@siss.cl
Jacobo Homsí	KRISTAL	jhomsí@kristal.cl
Pedro Riveros	MINSAL	pedro.riveros@minsal.cl
Cecilia Martínez	MINSAL	cecilia.martinez@minsal.cl
Ricardo Serrano	RRNN CONAMA	rserrano@conama.cl
Cristian Andaur	SERNAPESCA	candaur@sernapesca.cl
Soledad Sierralta	CONAMA HIDRICA	ssierralta@conama.cl
Claudia Galleguillos C.	HIDRICA CONAMA	cgalleguillos@conama.cl

INASISTENTES	
INSTITUCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO
ODEPA	taquero@odepa.gob.cl
Ministerio de Economía	jladrondeguevara@economia.cl
COCHILCO	rbrantes@cochilco.cl
JURIDICA CONAMA	cravanal@conama.cl
DGA	fernando.aguirre@mop.gov.cl
EVYSA CONAMA	crivera@conama.cl
SAG	olga.espinoza@sag.gob.cl
CENMA	pmatus@cenma.cl
DIRECTEMAR	nvillarroelr@directemar.cl
SUBPESCA	plagos@subpesca.cl
Comisión Nacional de Riego	pparra@riegocnr.gov.cl

TABLA DE LA REUNION:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Color • DBO Carbonácea • Nitritos y Nitratos • Boro
1.-	<p><u>COLOR</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • CONAMA HÍDRICA: Se muestran antecedentes en presentación adjunta. Dado que

FECHA PRÓXIMA REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO: 14 de abril 2009

no se cuentan con los antecedentes suficientes para normar color en el DS90, se propone recopilar mayores antecedentes para abordarlo durante el próximo proceso de revisión.

- COMITÉ OPERATIVO: Acepta propuesta presentada.

2.- DBO CARBONÁCEA.

- KRISTAL: la DBO5 (carbonácea + nitrógeno), depende del método y la temperatura. La DBO5 en la NCh2313 no incorpora la forma metodológica de cómo realizar la desnitrificación, por lo tanto, se debiera modificar la NCh2313. La modificación debería ir por exponer que hay que inhibir el nitrógeno cuando se trata de un efluente de lodos activados. En el sistema de lagunas, la DBO5 total debería arrojar valores similares a la carbonacea, ya que no hay nitrificación. La diferencia se presenta con los lodos activados, donde la carbonacea es menor que la DBO5. No existen fundamentos ni antecedentes para poner DBO carbonacea en una norma, ya que no hay normas a nivel mundial con este parámetro, solo se mide la DBO5 total. Asimismo, no todas las actividades estarían representadas con este cambio, ya que sólo es aplicable a plantas de lodos activados y no es aplicable para todas las otras plantas de tratamiento de agua existentes, por lo tanto, no es posible obtener mediciones de correlación entre la DBO total y la DBO carbonacea.
- SISS: El espíritu de la norma apunta a no remover nutrientes, por lo tanto, es lógico que el parámetro controlador de la norma sea la DBO carbonácea para el caso de las PTA.
- KRISTAL: Recomienda cambiar NCh2313 y obligar a inhibir.
- SISS: Es posible inhibir en aguas servidas, pero en RILES no se puede generalizar. Actualmente hay una inconsistencia en la tabla 1 por nitrógeno y DBO₅. Se ha solicitado a las Fuentes Emisoras que envíen antecedentes de la DBO₅ y en la misma muestra informar la DBO carbonacea por el resto del 2009. Considera que el cambio de DBO₅ a carbonácea es razonable, ya que el valor es adecuado. Solicita que el anteproyecto debe estipular que se avanzó en la discusión y se detectaron errores y que hay recopilación de antecedentes para su posterior análisis.
- ACUERDO DEL COMITÉ OPERATIVO: La tabla FE permanece con los valores vigentes con 250 mg/l de DBO₅. Según la SISS, la Tabla 1 presenta problemas de valores y se debe revisar, sin embargo, aún no se cuentan con los antecedentes necesarios para realizar un cambio, por lo tanto, se mantiene la DBO₅.
 - SISS (Gabriel Zamorano) se compromete a continuar recopilando antecedentes y hacer una proposición antes de mayo, plazo final para analizar el cambio.

3.- NITRITOS Y NITRATOS

- CONAMA HIDRICA: Explica que con la nueva definición de Fuente Emisora (FE), el parámetro de nitritos y nitratos en la fuente emisora se quedaba sin tabla de descarga y, al contrario, el parámetro de Nitrógeno Total estaba estipulado en la tabla de emisión 3, sin embargo no estaba considerado en la tabla de FE. Se debe seleccionar uno de los dos para aplicar a lagos.
- SISS: No tiene claridades respecto a cuál es el parámetro y valores más apropiados para la calificación de FE en aguas no tratadas.
- CONAMA HIDRICA: Menciona que RRNN CONAMA hizo llegar antecedentes donde se fundamenta la necesidad de normar nitritos y nitratos.

- SISS: Propone dejar N total, ya que este parámetro está compuesto por NTK+nitritos+nitratos.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se adopta el Nitrógeno total con valores en FE de Nitritos y Nitratos, para aplicar a la tabla de lagos.

4.- BORO

- CONAMA HIDRICA: Explica que el Comité Ampliado ha solicitado revisar el valor del boro en la tabla 1.
- SISS: Explica que esta solicitud surge a propósito de Papeles Cordillera en Puente Alto, cuyos monitoreos están sobrepasados en el Boro. Reciclan cajas de cartón, donde viene el Boro en pegamentos, porque se utiliza ácido bórico para acelerar el secado. Se debe considerar que la norma de agua potable NCh 409, no regula el Boro, ya que no hay evidencia de efecto en salud humana.
- CONAMA HIDRICA: Explica que para efectos del parámetro boro, se está recibiendo la asesoría de expertos de la Universidad de Tarapacá, quienes han hecho llegar estudios relevantes que muestran evidencias del efecto del boro en la agricultura y otros. (se adjunta presentación al respecto)
- MINSAL: La OMS considera un 0,5 mg/L de valor para el Boro, dado que no hay tecnologías de abatimiento.
- CONAMA HIDRICA: Explica que la Universidad de Tarapacá ha presentado antecedentes respecto a la existencia de tecnologías de remoción de boro. Un antecedente relevante es que la DGA no mide Boro a menos de 1 mg/l.
- SISS: Existe una contradicción entre la NCh409 de agua potable y el DS90, ya que las descargas de las plantas de agua potable pueden llegar con 6 mg/l de boro.
- CONAMA HIDRICA: Recuerda que las NCh son sólo referenciales para la construcción de las normas de emisión. Está comprobado que altas concentraciones de boro afecta a otras actividades productivas de subsistencia, como es la agricultura. Asimismo, los estudios entregados por la Universidad de Tarapacá muestran que tiene efectos sobre la reproducción en la fauna.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Este tema se verá en la reunión del 14.04.2009. CONAMA HIDRICA solicitará antecedentes a los titulares que presentan la solicitud de aumentar el boro en la tabla 1 y enviarán antecedentes de la Universidad de Tarapacá.

OTROS:

- SISS: respecto a la propuesta de incluir el párrafo en FE, donde menciona "No se considerará fuente emisora a aquellas descargas inferiores a un volumen de 5 m³/d que excedan los valores característicos de la Tabla para temperatura, sólidos sedimentables, poder espumógeno y coliformes fecales", la Intención es dejar fuera las emisiones con pequeños caudales, asimilables a una casa grande. Según los antecedentes presentados por el Comité Ampliado de poner 10 m³/l, el cual se apoyó en el criterio de los 100 habitantes, establecen que para ser consistentes con el criterio adoptado, deberían ser 16 m³/l. Sin embargo, consideran adecuado establecer el un límite inferior a 10 mg/l y mantienen la propuesta de 5 mg/l. Los coliformes fecales se deben analizar en términos

de volumen diario.

COMPROMISOS ADOPTADOS:

CONAMA HIDRICA:

- Se verá el tema del boro en tabla 1 en la reunión del 14.04.2009.
- Solicitará antecedentes a los titulares que presentan la solicitud de aumentar el boro en la tabla 1, respecto a sus sistemas de abatimiento.

SISS:

- SISS (Gabriel Zamorano) se compromete a continuar recopilando antecedentes respecto al cambio de DBO₅ a DBO carbonácea y hacer una proposición antes del mes de mayo, plazo final para analizar este cambio.



GOBIERNO DE CHILE
CONAMA

REUNIÓN EXTRAORDINARIA COMITÉ OPERATIVO PROCESO DE REVISIÓN DS 90

01 ABRIL 2009

002639

TABLA DE REUNIÓN

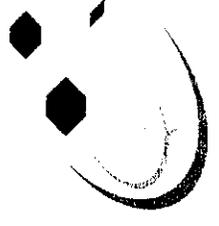
PARÁMETROS:

- **Color**
- **DBO Carbonácea**
- **Nitritos y Nitratos**
- **Boro**

OTROS TEMAS:

- **Métodos de análisis**
- **Otros.**

002640



COLOR

- SOLICITUD:
- INCLUIR EN LA NORMA

SOLICITADO POR:

- EVYSA CONAMA. Memorándum Nro. 170, del 01 octubre 2007.
- SEREMI SALUD Región del Maule y Bio Bio. ORD. B32/5334, del 06 noviembre 2007.

FUNDAMENTOS:

- La coloración de los efluentes interfiere en los procesos fotosintéticos y fotoquímicos de los cuerpos de agua. Este parámetro debe ser establecido por norma ya que actualmente se puede verter sin ningún control efluentes que contienen compuestos altamente coloreados (por ejemplo: efluentes textiles, celulósicos, químicos, etc). El estándar Platino-Cobalto se considera apropiado para la evaluación del contenido de "color".

PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Dejar el parámetro color fuera de la discusión del proceso de modificación del DS 90.
- Sin embargo, estipular el compromiso de recopilar información para evaluar su inclusión en una próxima revisión de la norma.

002641

DBO carbonacea

SOLICITUD:

- Cambiar la DBO5 por DBO carbonacea en las tablas de emisión, manteniendo los valores en cada caso.

SOLICITADO POR:

- ANDESS

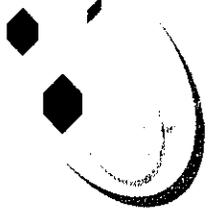
FUNDAMENTOS:

- Método de medición
- No existe correlación entre la medición de la DBO5 y la DBO5 carbonacea, ya que depende del tipo de tratamiento que se aplique. Por lo tanto, no es posible establecer un valor para la DBO5 carbonacea.

PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Dejar DBO5 en las tablas de emisión.

002642



NITRITOS Y NITRATOS

SOLICITUD:

- Analizar nítritos y nitratos en tabla lagos

SOLICITADO POR:

- CONAMA HIDRICA

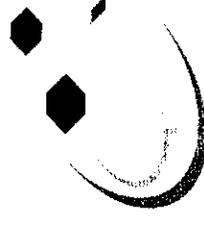
FUNDAMENTOS:

- Dado los últimos cambios aprobados por el Comité para la norma, se detecta la necesidad de analizar este parámetro en la tabla FE y T3
- Existen antecedentes de ser elementos tóxicos
- SEREMI Salud recomienda normar con límite máximo 1 mg/l (OMS)

PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Establecer Nitritos+Nitratos con valor 1 mg/l en tabla 3.

002648



BORO

SOLICITUD:

- Subir valores de boro en tabla 1

SOLICITADO POR:

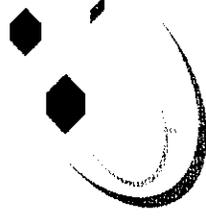
- CORMA

FUNDAMENTOS:

- No presenta fundamentos ambientales, sólo normativa internacional de referencia.
- Existen métodos y tecnología disponible para abatimiento de boro, pero se están analizando las factibilidades de implementación y costos asociados.
- Se ha solicitado a CORMA entregar antecedentes de abatimiento.

PROPUESTA AL COMITÉ OPERATIVO:

- Dejar evaluación para reunión del 14.04.09



002647

PARÁMETROS DEL DS 90

PARÁMETRO	FUENTE EMISORA Valor Característico	FUENTE EMISORA Carga Contaminante media diaria (G/D)	TABLA 1 (Sin Dilución)	TABLA 2 (Con Dilución)	TABLA 3 (Lacustres)	TABLA 4 (Dentro de la ZPL)	TABLA 5 (Fuera de la ZPL)
pH	6-8	-	6 - 8,5	6 - 8,5	6 - 8,5	6,0 - 9,0	5,5 - 9,0
Temperatura (°C)	20	-	35	40	30	30	-
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	220	3520	80	300	80	100	700
Sólidos Sedimentables (mL/1h)	6	-	-	-	5	5	50
Aceites y Grasas (mg/L)	60	960	20	50	20	20	350
Hidrocarburos fijos (mg/L)	10	160	10	50	-	-	-
Hidrocarburos totales (mg/L)	11	176	-	-	5	10	20
Hidrocarburos volátiles (mg/L)	1	16	-	-	-	1	2
DBO 5 (mg O2/L)	250	4000	35	300	35	60	-
Aluminio (mg/L)	1	16	5	10	1	1	10
Arsénico (mg/L)	0,05	0,8	0,5	1	0,1	0,2	0,5
Boro (mg/L)	0,75	12,8	0,75	3	-	-	-
Cadmio (mg/L)	0,01	0,16	0,01	0,3	0,02	0,02	0,5
Cianuro (mg/L)	0,20	3,2	0,20	1	0,5	0,5	1
Cloruros (mg/L)	400	6400	400	2000	-	-	-
Cobre (mg/L)	1	16	1	3	0,1	1	3
Cromo Total (mg/L)	0,1	1,6	-	-	2,5	2,5	10
Cromo Hexavalente (mg/L)	0,05	0,8	0,05	0,2	0,2	0,2	0,5
Estaño (mg/L)	0,5	8	-	-	0,5	0,5	1
Fluoruro (mg/L)	1,5	24	1,5	5	1	1,5	6
Fósforo Total (mg/L)	10	160	10	15	2	5	-
Hierro (mg/L)	1,0	16	5	10	2	10	-

002848

PARAMETRO	FUENTE EMISORA Valor Característico	FUENTE EMISORA Carga Contaminante media diaria (G/D)	TABLA 1 (Sin Dilución)	TABLA 2 (Con Dilución)	TABLA 3 (Lacustres)	TABLA 4 (Dentro de la ZPL)	TABLA 5 (Fuera de la ZPL)
Manganeso (mg/L)	0,3	4,8	0,3	3	0,5	2	4
Mercurio (mg/L)	0,001	0,02	0,001	0,01	0,005	0,005	0,02
Molibdeno (mg/L)	0,07	1,12	1	2,5	0,07	0,1	0,5
Níquel (mg/L)	0,1	1,6	0,2	3	0,5	2	4
NTK (mg/L)	50	800	50	75	-	50	-
Nitrogeno Total (mg/L)	-	-	-	-	10	-	-
Nitrato más Nitrito (lagos) (mg/L)	15	240	-	-	-	-	-
Pentaclorofenol (mg/L)	0,009	0,144	0,009	0,01	-	-	-
Plomo (mg/L)	0,2	3,2	0,05	0,5	0,2	0,2	1
Selenio (mg/L)	0,01	0,16	0,01	0,1	0,01	0,01	0,03
Sulfato (mg/L)	300	4800	1000	2000	1000	-	-
Sulfuro (mg/L)	3	48	1	10	1	1	5
Tetracloroetano (mg/L)	0,04	0,64	0,04	0,4	-	-	-
Tolueno (mg/L)	0,7	11,2	0,7	7	-	-	-
Triclorometano (mg/L)	0,2	3,2	0,2	0,5	-	-	-
Xileno (mg/L)	0,5	8	0,5	5	-	-	-
Zinc (mg/L)	1	16	3	20	5	5	5
Indice de Fénol (mg/L)	0,05	0,8	0,5	1	0,5	0,5	1
Poder espumígeno (mm)	5	5 mm	7	7	-	-	-
SAAM (mg/L)	10	160	-	-	10	10	15
Coliformes Fecales o termotolerantes (NMP/100 ml)	107	-	1000	1000	1000 - 70	1000 - 70	-

002040



GOBIERNO DE CHILE

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN EJECUTIVA
DEPTO CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
ÁREA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA

LISTA DE ASISTENCIA: REUNIÓN EXTRAORDINARIA COMITÉ OPERATIVO, PROCESO DE REVISIÓN DS90.

Fecha: MIÉRCOLES 01 ABRIL 2009

Lugar: CONAMA, PISO 6

Hora inicio: 10:30 hrs Hora Fin: 13:00 hrs

002647

N°	Nombre	Institución	Teléfono/Fax	e. mail	Firma
1	Mary Cepedal	SISS			Mary
2	Carola Jimenez	KRUSTAL	7320209	JHONZI@KRUSTAL.CC	Carola Jimenez
3	Lecho Riveros	DINSAL	5740400	riveros@minsal.cl	Lecho Riveros
4	Cecilia Martinez	MINSAI	5740566	cecilia.martinez@minsal.cl	Cecilia
5	RICARDO SERRANO	CONAMA	2411825	rserrano@conama.cl	Ricardo
6	Gabriel Zamorano	SISS	3824194	gzamorano@siss.cl	Gabriel
7	JUSTIAN ANDAUR	SERMAPESA	32-2819229	ANDAUR@SERMAPESA.C	Justian
8	Candina Gomez A	CNE	3656876	Cgomez@cne.cl	Candina
9	Soledad Simalte	CONAMA	2411804	SSIETRAALTA@CONAMA.CC	Soledad

De: Claudia Galleguillos
Enviado el: Viernes, 03 de Abril de 2009 17:16
Para: Alex Muñoz (americadelsur@oceana.org); 'Alfonso Guijon (alfonso.guijon@poch.cl)'; 'Ana María Sancha (amsancha@ing.uchile.cl)'; 'Andres Montalva (amontalva@corpesca.cl)'; 'Armando Aravena (armando.aravena@munitel.cl)'; 'Beatriz Helena Soto (bhelena@uantof.cl)'; 'Carolina Vargas (carolinavargasgonzalez@arauco.cl)'; 'Claudio Pérez Rudolph (claudio.perez@essbio.cl)'; 'Cristian Araneda Oyaneder (caraneda@sustentable.cl)'; 'Cristian Quilodran (cquilodr@labchile.cl)'; 'Elizabeth Echeverría O.'; Enrique Lira Cicarelli; 'Francisco Lucero (flucero@invertec.cl)'; 'Gladys Vidal (glvidal@udec.cl)'; 'Gonzalo Barrientos (gbarrientos@fedeleche.cl)'; 'Isel Cortes'; 'Ivonne Etchepare R. (mundoostion@entelchile.net)'; 'Jaime Dinamarca (jdinamarca@sofofa.cl)'; 'Jaime Quezada F. (Esvai S.A.)'; 'José Cañon (jcanon@corpesca.cl)'; 'Julio de la Fuente (jdelafuente@papeles.cmpc.cl)'; Luis Matamala (lmatamala@asiquim.cl)'; 'María Luisa Keim (mlkeim@uach.cl)'; 'María Pía Mena (mmena@ing.uchile.cl)'; Mariana Portaluppi (mportaluppi@dictuc.cl)'; 'Marianne Hermanns B.'; 'Mariela Arevalo (marevalo@conama.cl)'; 'Mario Vasquez L. (mvasquez@invertec.cl)'; 'Miguel Osses (mosses@arauco.cl)'; 'Nicole Porcile (nporcile@aminerals.cl)'; 'Pablo Galarce E. (pgalarce@gac.cl)'; 'Pablo Pasten (ppasten@ing.puc.cl)'; 'Patricio Herrada Barrera - ANDESS'; Pedro Navarrete (pnavarrete@celulosa.cmpc.cl)'; 'Ramona Villalón (ramona.villalon@inn.cl)'; 'Ricardo Figueroa (ricardo.figueroa@asimet.cl)'; 'Sergio Barrientos (sbarrientos@asiquim.cl)'; 'Sergio Toro (sergio.toro@inn.cl)'; 'Ximena Molina (xmolina@cenma.cl)'; 'Ximena Rojas (xrojas@salmonchile.cl)'; Yorka Retamal (yorka.retamal@poch.cl)
Asunto: Boorador 7 DS 90
Datos adjuntos: BORRADOR 7, 01 abril 2009.pdf

Estimado Comité Ampliado del proceso de revisión DS90, adjunto a ustedes el borrado 7 de la norma.

Les recuerdo que se reciben observaciones hasta el 15 de abril 2009.

Cualquier consulta la realizan a mi correo.

Saluda atentamente,

Claudia Galleguillos C.

Área Control de la Contaminación Hídrica
Dpto. Control de la Contaminación
Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

Teatinos N°258, piso 5, Santiago Centro, Chile.
Tel: 56-2-2405706
Fax: 56-2-2405782
Correo electrónico: cgallequillos@conama.cl
Página Web: www.conama.cl

Claudia Galleguillos

De: Claudia Galleguillos
Enviado el: Viernes, 03 de Abril de 2009 17:16
Para: '(jhonsi@kristal.cl)'; Alejandra Figueroa; 'Ana Zuñiga (azuniga@cochilco.cl)'; 'ANDAUR ALVEAL, CRISTIAN'; Carmen Rivera Mardones (CRivera@conama.cl); Carolina Gómez (cgomez@cne.cl); 'Carolina Ripa (cripa@minsal.cl)'; 'Cecilia Martínez (cecilia.martinez@minsal.cl)'; 'Christian Lillo S. (clillo@siss.cl)'; 'Conrado Ravanal (cravanal@conama.cl)'; 'Fernando Aguirre (fernando.aguirre@mop.gov.cl)'; 'Fernando Baeriswyl (fernando.baeriswyl@sag.gob.cl)'; 'Gabriel Zamorano (gzamorano@siss.cl)'; 'Juan Ladron de Guevara (jladrondeguevara@economia.cl)'; 'Leonardo Nuñez M. (lnunez@sernapesca.cl)'; Mariela Arevalo; Mario Herrera Araya ; 'Mesenia Atenas (mesenia.atenas@mop.gov.cl)'; 'Nancy Cepeda (ncepeda@siss.cl)'; 'Nancy Villarroel (nvillarroel@directemar.cl)'; 'Olga Espinoza Muñoz (olga.espinoza@sag.gob.cl)'; 'Pablo Lagos (plagos@subpesca.cl)'; 'Patricia Matus (pmatus@cenma.cl)'; 'Pedro Riveros (privero@minsal.gov.cl)'; Ricardo Serrano; 'Rodolfo Camacho (rodolfo.rr.camacho@bhpbilliton.com)'; 'Rossana Brantes Abarca (rbrantes@cochilco.cl)'; 'Sarita Pimentel (spimente@cochilco.cl)'; 'Teresa Aguero Teare (taguero@odepa.gob.cl)'; Verónica Vergara (vvergara@siss.cl)
Asunto: Borrador 7 DS90

Estimado Comité Operativo del proceso de revisión DS90, adjunto a ustedes el borrado 7 de la norma.

Les recuerdo que se reciben observaciones hasta el 15 de abril 2009.

Cualquier consulta la realizan a mi correo.

Saluda atentamente,

Claudia Galleguillos C.

Área Control de la Contaminación Hídrica
Dpto. Control de la Contaminación
Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

Teatinos N°258, piso 5, Santiago Centro, Chile.
Tel: 56-2-2405706
Fax: 56-2-2405782
Correo electrónico: cgalleguillos@conama.cl
Página Web: www.conama.cl

VERSIÓN
BORRADOR 7
01 abril 2009

ANTEPROYECTO REVISIÓN NORMA DE
EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DE
CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS
DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A
AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES
SUPERFICIALES

ANTEPROYECTO

Artículo Primero: Establécese la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, cuyo texto es el siguiente:

1. OBJETIVO DE PROTECCION AMBIENTAL Y RESULTADOS ESPERADOS

La presente norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Con lo anterior, se logra mejorar sustancialmente la calidad ambiental de las aguas, de manera que éstas mantengan o alcancen la condición de ambientes libres de contaminación, de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República.

2. DISPOSICIONES GENERALES

La presente norma de emisión establece los parámetros y sus valores máximos y/o mínimos permitidos para los residuos líquidos descargados por fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile.

Comentario [c1]: Aprobado por el Comité Operativo en reunión del 24.03.09

La norma de emisión para los contaminantes a que se refiere el presente decreto, está determinada por los límites establecidos en las tablas números 1, 2, 3, 4 y 5, en conformidad al presente instrumento.:

Comentario [c2]: CENMA en reunión del Comité Operativo 24.03.09, opina que este párrafo es muy específico para ponerlo en este punto. Sugiere revisarlo con Jurídica.

La presente norma no será aplicable en los siguientes casos:

- A las descargas de sistemas públicos de evacuación y drenajes de aguas lluvias.
- A las descargas de vertederos de tormenta de sistemas de recolección y/o tratamiento de aguas servidas, en los eventos en que se incorpore aguas lluvias que excedan su capacidad máxima de diseño.
- A las descargas de camiones limpiafosas.
- A las descargas de fuentes emisoras móviles y difusas.

xx

xx

La presente norma se aplicará en todo el territorio nacional.

Comentario [A3]: - SISS (16.12.08) Propone insertar la siguiente frase: "A las descargas generadas por situaciones de emergencia o casos fortuitos no previstos en el SELA (Resolución de Calificación Ambiental)" COMITÉ OPERATIVO Fuerza mayor o caso fortuito, en estas situaciones no se puede exigir cumplimiento de la norma. Se debe redactar con jurídica.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de la presente norma, se entenderá por:

Comentario [c4]: Observación SISS 16.03.09. Es necesario clarificar los casos de obras de remediación que generan residuos líquidos. Asimismo, ver su aplicación al efluente de las termas PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO

3.1 Carga contaminante media diaria: Es el cociente entre la masa total descargada de un contaminante y el número de días en que se descarga el residuo líquido al cuerpo de agua receptor, durante el mes del año en que se genera la máxima producción de dichos residuos. Se expresa en unidades de masa por unidades de tiempo para sólidos suspendidos, aceites y grasas, hidrocarburos totales, hidrocarburos volátiles, hidrocarburos fijos, DBO5 total, arsénico, aluminio, boro, cadmio, cianuro, cloruros, cobre, índice de fenol, cromo hexavalente, cromo total, estaño, fluoruro, fósforo total, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, nitrógeno total kjeldahl, nitrito y nitrato, pentaclorofenol, plomo, SAAM, selenio, sulfatos, sulfuro, tetracloroetano, tolueno, triclorometano, xileno y zinc; y en valor absoluto para sólidos sedimentables, coliformes fecales o termotolerantes; poder espumógeno, pH y temperatura.

La masa o volumen de un contaminante corresponde a la suma de las masas o volúmenes diarios descargados durante dicho mes. La masa se determina mediante el producto del volumen de las descargas por su concentración.

3.2 Contenido del cuerpo de agua receptor: Es el valor o concentración de un parámetro o elemento presente en el cuerpo de agua receptor, que corresponde a la situación original sin intervención antrópica del cuerpo de agua, más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico.

Corresponderá a la Dirección General de Aguas o a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, según sea el caso, determinar el contenido del cuerpo de agua receptor.

3.3 Cuerpo de agua receptor: Es el curso de agua de escurrimiento continuo o discontinuo, o volumen de agua, de origen natural o artificial, marino o continental superficial, que recibe la descarga de residuos líquidos.

No se incluyen en esta definición los cuerpos de agua artificiales que contengan, almacenen o traten relaves y/o aguas lluvias o desechos líquidos provenientes de un proceso industrial o minero.

Comentario [c5]: Asimismo, las descargas a cursos o volúmenes de aguas artificiales privadas, deben contar con la autorización de los propietarios para ser considerados como Cuerpo de Agua Receptor. COMITÉ OPERATIVO 24.03.09 No se consideran propuestas, ya que los canales son cuerpos de agua artificiales y siempre deben contar con la autorización del propietario para la descarga por tabla 1.

3.4 Residuos líquidos: "Son aquellas aguas que se producen como resultado de un proceso, actividad o servicio de una fuente emisora y se descargan a un cuerpo de agua receptor".

Fuente emisora difusa:

3.5 Fuente emisora: Es el establecimiento que, como resultado de su proceso, actividad o servicio, descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, con una carga contaminante media diaria o valor característico superior, o en su caso fuera de rango, para uno o más parámetros indicados en las siguientes tabla.

Comentario [c6]: CENMA 04.02.09. Propone agregar el concepto de "Fuente Emisora Difusa", por que resulta ser un término nuevo. COMITÉ OPERATIVO 24.03.09 Se considera adecuado agregar esta definición, por lo tanto, se realizará propuesta con jurídica.

Fuente Emisora

Contaminante	Unidad	Valor Característico
pH	-	6 - 8
Poder espumógeno	mm	5
Sólidos Sedimentables	ml /L 1 h	6
Temperatura	°C	20
Coliformes Fecales	CF/100 ml	1 x 10 ⁷

No se considerará fuente emisora a aquellas descargas inferiores a un volumen de 5 m³/d que excedan los valores característicos de la Tabla para temperatura, sólidos sedimentables y poder espumógeno”

Contaminante	Unidad	Carga contaminante media diaria (equiv. Aguas servidas 100 Hab/día) *
Aceites y Grasas	g /d	960
Aluminio	g /d	16
Arsénico	g /d	0,8
Boro	g /d	12,8
Cadmio	g /d	0,16
Cianuro	g /d	3,2
Cloruros	g /d	6400
Cobre	g /d	16
Cromo Total	g /d	1,6
Cromo Hexavalente	g /d	0,8
DBO ₅ *	g /d	4000
Estaño	g /d	8
Fluoruro	g /d	24
Fósforo Total	g /d	240
Hierro	g /d	16
Hidrocarburos fijos	g /d	160

Comentario [c7]: COMITÉ AMPLIADO 27.03.09, presenta análisis de este tema, planteando que un volumen adecuado es 10 m³/d.

COMITÉ OPERATIVO 01.04.09

- EL DS 90 vigente considera como fuente emisora (FE), cualquier descarga de residuos líquidos que exceda los valores de la Tabla para los parámetros con valor característico, independiente del caudal descargado.
- En reunión del CA se planteó que la calificación como FE, para efectos de estos parámetros, se debe fundamentar en un volumen de descarga de aguas servidas para 100 habitantes, en forma similar a lo establecido para los demás parámetros de la Tabla de FE, cuyo límite está en términos de carga contaminante media diaria. En este contexto, se propuso que el volumen debiera ser 10 m³/día, que correspondería al volumen de aguas servidas de 100 habitantes, considerando los consumos medios país al 2007 según información SISIS.
- Al respecto, lo que hemos analizado/conversado en el CO:
- Es necesario establecer una condición adicional al lim. máx. de los parámetros con valor característico, para evitar que descargas muy pequeñas califiquen como FE
- Si para establecer el volumen de descarga, se considera el criterio del volumen equivalente de aguas servidas de 100 habitantes, para mantener la coherencia que está implícita en los valores de carga contaminante media diaria de los demás parámetros de la Tabla, correspondería considerar 16 m³/día
- Se debe tener presente, que cualquier descarga inferior al volumen (m³/día) que se proponga en la norma, podría tener los parámetros de valores característicos superiores a los límites de la Tabla y no calificaría como FE
- Se ha estimado prudente considerar un volumen inferior al equivalente a 100 habitantes, para lo que se ha propuesto 5 m³/día

Hidrocarburos totales	g /d	176
Hidrocarburos volátiles	g /d	16
Indice de Fenol	g /d	0,8
Manganeso	g /d	4,8
Mercurio	g /d	0,02
Molibdeno	g /d	1,12
Níquel	g /d	1,6
Nitrógeno total kjeldahl	g /d	1280
Nitrito más Nitrate (Lagos) Nitrógeno Total	g /d	240
Pentaclorofenol	g /d	0,144
Plomo	g /d	3,2
SAAM	g /d	160
Selenio	g /d	0,16
Sólidos Suspendidos Totales	g /d	3520
Sulfato	g /d	4800
Sulfuro	g /d	48
Tetracloroetano	g /d	0,64
Tolueno	g /d	11,2
Triclorometano	g /d	3,2
Xileno	g /d	8

Comentario [c8]: Comité Operativo 01.04.09. Resuelve normar el Nitrógeno Total para aplicar en la tabla 3 (Lagos)

Zinc	g /d	16
------	------	----

* DBO₅ total

Para efectos de evaluar la condición de fuente emisora, se considerará:

- La suma de las descargas de aguas residuales que genere un establecimiento, incluidas las aguas servidas que sean parte integrante del proceso.
- Los artefactos navales que permanecen fijos y descarguen residuos líquidos al mar, por procesos industriales o lavado de sistemas de cultivo, cuya metodología de caracterización será determinada por la autoridad marítima.
- Sólo se considerarán los parámetros regulados en la tabla de descarga correspondiente, cumpliendo con los valores establecidos en la tabla de fuente emisora.

Comentario [c9]: Comité Operativo 24.03.09. Propone párrafo que debe ser analizado por la Autoridad Marítima. Asimismo, DIRECTEMAR se comprometió a entregar una circular con la metodología de caracterización para el uso de agua de mar, que mantiene la vida de especies hidrobiológicas.

3.6 Residuos líquidos, aguas residuales o efluentes: Son aquellas aguas que se descargan desde una fuente emisora, a un cuerpo de agua receptor.

7 Caudal Disponible para Dilución: Es la cantidad mínima de agua establecida por la Dirección General de Aguas, expresada en volumen por unidad de tiempo, presente en un punto específico de un cauce natural. X

3.8 Caudal medio mensual del efluente vertido: Es la suma de los volúmenes de residuos líquidos, descargados diariamente durante el mes, dividido por el número de días del mes en que hubo descargas.

3.9 Tasa de Dilución del Efluente Vertido: Es la razón entre el caudal disponible para dilución y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima

Comentario [A10]: ANDESS (16.12.08) Propone la siguiente redacción: "Son aquellas aguas que se descargan desde una fuente emisora fija, a un cuerpo receptor. En el caso de las plantas de tratamiento de aguas servidas, podrá utilizarse como equivalente a Residuo Líquido el término efluente". PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO

Comentario [c11]: SISS 16.03.09. redactar considerando que los caudales de dilución se informarán para cada mes.

Comentario [c12]: Ambos párrafos deben ser analizados por la SISS para evaluar su permanencia y/o eventual modificación. PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO

producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades. La tasa de dilución será entonces la siguiente:

d= caudal disponible para dilución
caudal medio mensual del efluente vertido

3.10 Ancho de Zona de Protección Litoral¹: Corresponde a un ámbito territorial de aplicación de esta norma, representada por la distancia determinada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, que comprende la proyección imaginaria de la línea de costa continental o insular, que se orienta paralela a ésta y alcanza hasta el fondo del cuerpo de agua, medida desde la línea de baja marea de siciqia, a proposición de cualquier interesados, de acuerdo a la siguiente expresión:

Comentario [c13]: Aprobado por el Comité Operativo el 10.03.09.

$$A = [(1,28 \times H_b) / m'] \times 1,6$$

En donde:

A: Es el Ancho de la Zona de Protección Litoral.

Hb: Es la altura media de la rompiente de la ola (mts.).

m': Es el promedio geométrico de tres pendientes de fondo, ubicadas equidistantemente a 10 m entre ellas.

En el caso de bahías cerradas, fiordos y canales ubicados al interior de la línea de base o línea de base recta de la República, estos últimos determinados de conformidad lo

¹ La presente modificación sobre el contenido y alcance del Ancho de Zona de Protección Litoral, no será aplicable a las fuentes emisoras que, a la fecha de publicación en el Diario Oficial del D.S. XX, estén autorizadas para descargar sus residuos líquidos de acuerdo a la ley.

establece el D.S.Nº 1.393 del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicada en el Diario Oficial de fecha 18 de Noviembre de 1997, el cual promulga la Convención de las Naciones Unidas para el Derecho del Mar del año 1982, y el Decreto Supremo Nº 416 del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicado en el Diario Oficial de fecha 15 de Julio de 1977, el cual determina las líneas de base rectas entre los paralelos 41° S. y 56° S., trazadas en la carta I.H.A. Nº 5, de 1977; el Ancho de Zona de Protección Litoral corresponderá a toda su extensión hasta dicho límite, y hasta el fondo del cuerpo de agua.

Para los efectos de la presente norma, se entenderá por bahía toda escotadura bien determinada cuya penetración tierra adentro, en relación con la anchura de su boca, es tal que contiene aguas cercadas por la costa y constituye algo más que una simple inflexión de ésta, y por "bahía cerrada", aquella cuya distancia entre las líneas de bajamar de los puntos naturales de entrada de la bahía no excede de 24 millas marinas, para lo cual la línea de demarcación trazada entre las dos líneas de bajamar y las aguas que queden así encerradas serán consideradas íntegramente como el ancho de protección litoral de dicho cuerpo de agua.

4. LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA DESCARGAS DE RESIDUOS LIQUIDOS A AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES Y MARINAS

4.1 Consideraciones generales.

- 4.1.1 Con el propósito de lograr una efectiva reducción de los contaminantes provenientes de la fuente emisora, no se debe usar la dilución de los residuos líquidos con aguas ajenas al proceso industrial, incorporadas sólo con el fin de reducir las concentraciones. Para estos efectos, no se consideran aguas ajenas al proceso industrial las aguas servidas provenientes de la fuente emisora.

- 4.1.2 La caracterización de los residuos líquidos de una fuente emisora, deben realizarse antes de someterlos a cualquier sistema de tratamiento.
- 4.1.3 Los sedimentos, lodos y/o sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de residuos líquidos no deben disponerse en cuerpos de agua receptores y su disposición final debe cumplir con las normas legales vigentes.
- 4.1.4 Si el contenido del cuerpo de agua receptor de un contaminante excede al indicado en las tablas 1 a 5, el límite máximo permitido de la descarga será igual a dicho contenido de cuerpo de agua receptor
- 4.1.5 Los establecimientos de servicios sanitarios, que atiendan una población menor o igual a 30.000 habitantes y que reciban descargas de residuos industriales líquidos provenientes de establecimientos industriales, estarán obligados a cumplir la presente norma, reduciendo la concentración de cada contaminante en su descarga final, en la diferencia que resulte entre la concentración calculada para el valor de la carga media diaria, establecido en la tabla de Fuente emisora, con un volumen de 16 m³/día, y el límite máximo permitido en la tabla que corresponda al cuerpo receptor que reciba la descarga, siempre que la concentración sea mayor al valor del límite máximo establecido en esta norma.

Comentario [A14]: CORMA (16.12.08). Este punto debe identificar claramente los criterios y procedimientos para realizar la caracterización de los residuos líquidos. PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO SISS (16.12.08) Recomienda trasladar este párrafo a la definición de FE. PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO

Comentario [c15]: Párrafo propuesto por la SISS en una nueva redacción. PARA ANALISIS DEL COMITÉ OPERATIVO

4.2 Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de aguas fluviales.

TABLA N° 1

LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS A CUERPOS DE AGUA FLUVIALES

CONTAMINANTES	UNIDAD	EXPRESION	LIMITE MAXIMO PERMITIDO
---------------	--------	-----------	-------------------------

Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20
Aluminio	mg/L	Al	5
Arsénico	mg/L	As	0,5
Boro	mg/L	B	0,75
Cadmio	mg/L	Cd	0,01
Cianuro	mg/L	CN ⁻	0,20
Cloruros	mg/L	Cl ⁻	400
Cobre Total	mg/L	Cu	2
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,05
DBO ₅ carbonacea	mg O ₂ /L	DBO ₅	35 *
Fósforo Total	mg/L	P	15
Fluoruro	mg/L	F ⁻	1,5
Hidrocarburos Fijos	mg/L	HF	10
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	5
Manganeso	mg/L	Mn	0,3
Mercurio	mg/L	Hg	0,001
Molibdeno	mg/L	Mo	1
Níquel	mg/L	Ni	0,2
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	80
Pentaclorofenol	mg/L	C ₆ OHCl ₅	0,009
PH	Unidad	pH	6,0 -8,5
Plomo	mg/L	Pb	0,05
Poder Espumógeno	mm	PE	7
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	80 *

Comentario [A16]: Comité Operativo está a la espera de antecedentes respecto a abatimiento que enviará CORMA.

Comentario [c17]: ANDESS 16.03.09. Elevar el cloruro a 500 mg/l, dado que las aguas residuales presentan mayor concentración que el agua potable. PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO.

Comentario [c18]: COMITÉ OPERATIVO 01.04.09. Acuerda Analizar esta propuesta en el mes de mayo 2009.

Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	1000
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	1
Temperatura	C°	T°	35
Tetracloroetano	mg/L	C ₂ Cl ₄	0,04
Tolueno	mg/L	C ₆ H ₅ CH ₃	0,7
Triclorometano	mg/L	CHCl ₃	0,2
Xileno	mg/L	C ₆ H ₄ C ₂ H ₆	0,5
Zinc	mg/L	Zn	3

* = Para los residuos líquidos provenientes de plantas de tratamientos de aguas servidas domésticas, no se considerará el contenido de algas, conforme a la metodología descrita en el punto 6.6.

4.2.1 Las fuentes emisoras podrán aprovechar la capacidad de dilución del cuerpo de agua receptor, incrementado las concentraciones límites establecidas en la Tabla N° 1, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C_i = T_{1i} \times (1 + d)$$

en que:

C_i = Límite máximo permitido para el contaminante i.

T_{1i} = Límite máximo permitido establecido en la Tabla N° 1 para el contaminante i.

d = Tasa de dilución del efluente vertido.

Si C_i es superior a lo establecido en la Tabla N° 2, entonces el límite máximo permitido para el contaminante i será lo indicado en dicha Tabla.

TABLA N° 2

LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS A CUERPOS DE AGUA FLUVIALES CONSIDERANDO LA CAPACIDAD DE DILUCION DEL RECEPTOR

CONTAMINANTE	UNIDAD	EXPRESION	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	50
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	1
Boro	mg/L	B	3
Cadmio	mg/L	Cd	0,3
Cianuro	mg/L	CN ⁻	1
Cloruros	mg/L	Cl ⁻	2000
Cobre Total	mg/L	Cu	3
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	1
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,2
DBO ₅ carbonácea	mgO ₂ /L	DBO ₅	300
Fluoruro	mg/L	F ⁻	5
Fósforo Total	mg/L	P	15
Hidrocarburos Fijos	mg/L	HF	50
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	10
Manganeso	mg/L	Mn	3

Comentario [c19]: COMITÉ OPERATIVO 01.04.09. Acuerda Analizar esta propuesta en el mes de mayo 2009.

Mercurio	mg/L	Hg	0,01
Molibdeno	mg/L	Mo	2,5
Níquel	mg/L	Ni	3
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	80
Pentaclorofenol	mg/L	C ₆ OHC1 ₅	0,01
PH	Unidad	pH	6,0 – 8,5
Plomo	mg/L	Pb	0,5
Poder Espumógeno	mm.	PE	7
Selenio	mg/L	Se	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	300
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	2000
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	10
Temperatura	°C	T°	40
Tetracloroetano	mg/L	C ₂ Cl ₄	0,4
Tolueno	mg/L	C ₆ H ₅ CH ₃	7
Triclorometano	mg/L	CHCl ₃	0,5
Xileno	mg/L	C ₈ H ₄ C ₂ H ₆	5
Zinc	mg/L	Zn	20

4.3 Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres.

4.3.1 Las descargas de residuos líquidos que se viertan en forma directa sobre cuerpos de agua lacustres naturales (lagos, lagunas) como aquéllos que se viertan a cuerpos fluviales que sean afluentes de un cuerpo de agua lacustre, no deberán sobrepasar los límites máximos que se indican en la Tabla N° 3.

002001

4.3.2 Las descargas a cuerpos lacustres de naturaleza artificial deberán cumplir con los requisitos establecidos en el punto 4.2.

4.3.3 XX

TABLA 3

LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS A CUERPOS DE AGUA LACUSTRES

CONTAMINANTE	UNIDAD	EXPRESION	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20
Aluminio	mg/L	Al	1
Arsénico	mg/L	As	0,1
Cadmio	mg/L	Cd	0,02
Cianuro	mg/L	CN ⁻	0,5
Cobre Total	mg/L	Cu	0,1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000-70 *
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,2
Cromo Total	mg/L	Cr Total	2,5
DBO ₅ carbonácea	mgO ₂ /L	DBO ₅	35
Estaño	mg/L	Sn	0,5
Fluoruro	mg/L	F ⁻	1
Fósforo Total	mg/L	P	2

Comentario [c20]: SISS 16.03.09. Propone agregar un nuevo punto que dice "La Autoridad Competente (DGA) podrá establecer que se aplica la tabla 3 en zonas distintas a lagos, cuando se constata la existencia del fenómeno de eutrofización en un curso de agua. PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO

Comentario [c21]: COMITÉ OPERATIVO 01.04.09. Acuerda Analizar esta propuesta en el mes de mayo 2009.

Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	5
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	2
Manganeso	mg/L	Mn	0,5
Mercurio	mg/L	Hg	0,005
Molibdeno	mg/L	Mo	0,07
Níquel	mg/L	Ni	0,5
Nitrógeno Total **	mg/L	N	10
PH	unidad	pH	6,0 - 8,5
Plomo	mg/L	Pb	0,2
SAAM	mg/L	SAAM	10
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Sedimentables	ml/1/h	S SED	5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	80
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	1000
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	1
Temperatura	°C	T°	30
Zinc	mg/L	Zn	5

* =En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100 ml.

** = La determinación del contaminante corresponderá a la suma de las concentraciones de nitrógeno total kjeldahl, nitrito y nitrato.

4.4 Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos.

4.4.1 Las descargas de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos deberán hacerse en el lugar y forma que se determine conforme a la normativa vigente sobre la materia.

Los residuos líquidos que se viertan deberán cumplir los límites establecidos en la presente norma de acuerdo a si la descarga se autoriza dentro de la zona de protección litoral o fuera de ella.

4.4.2 Descargas de residuos líquidos dentro de la zona de protección litoral.

Las descargas de residuos líquidos, que se efectúen al interior de la zona de protección litoral, deberán cumplir con los valores contenidos en la Tabla N° 4.

TABLA N° 4

LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA LA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS A CUERPOS DE AGUA MARINOS DENTRO DE LA ZONA DE PROTECCION LITORAL

CONTAMINANTE	UNIDAD	EXPRESION	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20
Aluminio	mg/L	Al	1
Arsénico	mg/L	As	0,2
Cadmio	mg/L	Cd	0,02

Cianuro	mg/L	CN ⁻	0,5
Cobre	mg/L	Cu	1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000-70*
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,2
Cromo Total	mg/L	Cr Total	2,5
DBO ₅ carbonácea	mg O ₂ /L	DBO ₅	60
Estaño	mg/L	Sn	0,5
Fluoruro	mg/L	F ⁻	1,5
Fósforo Total	mg/L	P	15
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	10
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	HCV	1
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	10
Manganeso	mg/L	Mn	2
Mercurio	mg/L	Hg	0,005
Molibdeno	mg/L	Mo	0,1
Níquel	mg/L	Ni	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	80
PH	Unidad	pH	6,0 - 9,0
Plomo	mg/L	Pb	0,2
SAAM	mg/L	SAAM	10
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Sedimentables	m1/1/h	S SED	5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	100
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	1
Zinc	mg/L	Zn	5

Comentario [c22]: COMITÉ OPERATIVO 01.04.09. Acuerda Analizar esta propuesta en el mes de mayo 2009.

Temperatura	°C	T°	30
-------------	----	----	----

* =En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100 ml.

4.4.3 Descargas fuera de la zona de protección litoral.

Las descargas de las fuentes emisoras, cuyos puntos de vertimiento se encuentren fuera de la zona de protección litoral, no deberán sobrepasar los valores de concentración señalados en la Tabla N° 5.

TABLA N° 5

LIMITES MAXIMOS DE CONCENTRACION PARA DESCARGA DE RESIDUOS LIQUIDOS A CUERPOS DE AGUA MARINOS FUERA DE LA ZONA DE PROTECCION LITORAL

CONTAMINANTE	UNIDAD	EXPRESION	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas*	mg/L	A y G	150
Sólidos Sedimentables*	ml/1/h	S.SED	20
Sólidos Suspendidos Totales*	mg/L	S.S.	300
Aluminio	mg/L	Al	10

Tabla con formato

Comentario [c23]: En reunión del Comité Ampliado 27.03.09, se comprometen enviar a CONAMA antecedentes de los sistemas de abatimiento para los sólidos suspendidos, sus niveles de eficiencia para remoción, costos de inversión y operación. Con estos antecedentes, el Comité Operativo podrá evaluar la pertinencia de este valor que está estipulado en la norma vigente.

Arsénico	mg/L	As	0,5
Cadmio	mg/L	Cd	0,5
Cianuro	mg/L	CN ⁻	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Índice de Fenol	mg/L	Fenoles	1
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,5
Cromo Total	mg/L	Cr Total	10
Estaño	mg/L	Sn	1
Fluoruro	mg/L	F ⁻	6
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	20
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	HC	2
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0,02
Molibdeno	mg/L	Mo	0,5
Níquel	mg/L	Ni	4
PH	Unidad	pH	5,5 - 9,0
Plomo	mg/L	Pb	1
SAAM	mg/L	SAAM	15
Selenio	mg/L	Se	0,03
Sulfuro	mg/L	S ²⁻	5
Zinc	mg/L	Zn	5

* Lo dispuesto en la Tabla N°5, respecto de los contaminantes Aceites y Grasas, Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos Totales, será aplicable a las fuentes emisoras autorizadas para descargar sus residuos líquidos de acuerdo a la ley a la fecha de publicación en el Diario Oficial del presente decreto, una vez transcurridos cinco años desde su vigencia. Dichas fuentes deberán cumplir, en el intertanto, con los siguientes límites de emisión: Para Aceites y Grasas: 350 mg/l; para Sólidos Sedimentables: 50 mg/l y para Sólidos Suspendidos: 700 mg/l.

5. PROGRAMA Y PLAZOS DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMA PARA LAS DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES

5.1 A partir de la entrada en vigencia del presente decreto, los límites máximos permitidos establecidos en él, serán obligatorios para toda fuente emisora

5.2 Desde la entrada en vigencia del presente decreto, las fuentes emisoras existentes, deberán caracterizar e informar todos sus residuos líquidos, mediante los procedimientos de medición y control establecidos en la presente norma y entregar toda otra información relativa al vertimiento de residuos líquidos que la autoridad competente determine conforme a la normativa vigente sobre la materia. Aquellas fuentes emisoras que pretendan valerse del contenido del cuerpo de agua receptor acorde con lo previsto en el punto 4.1.73, deberán informar dichos contenidos a la autoridad competente.

Las fuentes emisoras deberán ajustarse a los límites máximos establecidos en este decreto desde su entrada en vigencia. Salvo aquellas que a la fecha de entrada en vigencia del mismo, tengan aprobado por la autoridad competente y conforme a la legislación vigente, un cronograma de inversiones para la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales, en cuyo caso, el plazo de cumplimiento de esta norma, será el que se encuentre previsto para el término de dicha construcción.

Comentario [A24]: CORMA (16.12.08) Es necesario, y ajustado a los principios de gradualidad. Así, sólo las fuentes nuevas deben cumplir con la norma desde el principio. Las fuentes existentes deben cumplir con la norma desde el principio. Las fuentes existentes deben cumplir con la nueva norma de emisión en un plazo determinado, por ejemplo 5 años. En el intertanto, deberán cumplir con el DS 90. PARA EVALUACIÓN DEL COMITÉ OPERATIVO

Comentario [c25]: PARRAFO DEBE SER EVALUADO JURÍDICAMENTE

Comentario [c26]: Observaciones del Grupo 3, Comité Ampliado 17.11.08. Se abordarán de acuerdo a calendario de actividades.

6. PROCEDIMIENTOS DE MEDICION Y CONTROL

6.1 Control de la norma.

Las inspecciones que realice el organismo público fiscalizador y los monitoreos que debe realizar la fuente emisora-fija, deberán someterse a lo establecido en la presente norma.

6.2 Consideraciones generales para el monitoreo.

Las fuentes emisoras deben cumplir con los límites máximos permitidos en la presente norma respecto de todos los contaminantes normados.

Los contaminantes que deben ser considerados en el monitoreo serán los que se señalen en cada caso por la autoridad competente, atendido a la actividad que desarrolle la fuente emisora, los antecedentes disponibles y las condiciones de la descarga.

Los procedimientos para el monitoreo de residuos líquidos están contenidos en la Norma Chilena Oficial NCh 411/2 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo; NCh 411/3 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras, y NCh 411/10 Of 97, Calidad del agua - Muestreo - Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales.

El monitoreo -se debe efectuar en cada una de las descargas de la fuente emisora-fija. El lugar de toma de muestra debe considerar -una cámara o dispositivo, de fácil acceso, especialmente habilitada para tal efecto, que no sea afectada por el cuerpo de agua receptor.

6.3 Condiciones específicas para el monitoreo.

6.3.1 Frecuencia de monitoreo.

El número de días en que la fuente emisora fija realice los monitoreos debe ser representativo de las condiciones de descarga, en términos tales que corresponda a aquellos en que, de acuerdo a la planificación de la fuente emisora fija, se viertan los residuos líquidos generados en máxima producción o en máximo caudal de descarga.

El número mínimo de días del muestreo en el año calendario, se determinará, conforme se indica a continuación:

Volumen de descarga $M^3 \times 10^3/año$	Número mínimo de días de monitoreo anual, N
< 5.000	12
5.000 a 20.000	24
> 20.000	48

Para aquellas fuentes emisoras fijas que neutralizan sus residuos líquidos, se requerirá medición continua con pHmetro y registrador.

El número mínimo de días de toma de muestras anual debe distribuirse mensualmente, determinándose el número de días de toma de muestra por mes en forma proporcional a la distribución del volumen de descarga de residuos líquidos en el año.

6.3.2 Número de muestras.

Se obtendrá una muestra compuesta por cada punto de descarga.

i) Cada muestra compuesta debe estar constituida por la mezcla homogénea de al menos:

- Tres (3) muestras puntuales, en los casos en que la descarga tenga una duración inferior a cuatro (4) horas.
- Muestras puntuales obtenidas a lo más cada dos (2) horas, en los casos en que la descarga sea superior o igual a cuatro (4) horas.

En cada muestra puntual se debe registrar el caudal del efluente.

La muestra puntual debe estar constituida por la mezcla homogénea de dos submuestras de igual volumen, extraídas en lo posible de la superficie y del interior del fluido, debiéndose cumplir con las condiciones de extracción de muestras indicadas en el punto 6.3.3 de esta norma.

ii) Medición de caudal y tipo de muestra

La medición del caudal informado deberá efectuarse con las siguientes metodologías, de acuerdo al volumen de descarga:

- menor a 30 m³/día, la metodología de medición deberá estimarse por el consumo del agua potable y de las fuentes propias.
- entre 30 a 300 m³/día, se deberá usar un equipo portátil con registro.
- mayor a 300 m³/día, se debe utilizar una cámara de medición y caudalímetro con registro diario.

Las muestras para los tres casos deberán ser compuesta proporcionales al caudal de la descarga. La autoridad competente, podrá autorizar otra metodología de medición del caudal, cuando la metodología señalada no pueda realizarse.

6.3.3 Condiciones para la extracción de muestras y volúmenes de muestra.

Las condiciones sobre el lugar de análisis, tipo de envase, preservación de las muestras, tiempo máximo entre la toma de muestra y el análisis, y los volúmenes mínimos de muestras que deben extraerse, se someterán a lo establecido en la NCh 411/Of.96, a las NCh 2313 y a lo descrito en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19th Ed, 1995.

Tabla N° 6 Condiciones de extracción de muestras

Contaminante	Lugar de análisis	Envase ¹⁾	Preservación ²⁾	Tiempo máximo ³⁾	Volumen mínimo de muestras
Tetracloroetano	Laboratorio	V c/TFE	4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual.	7 días	40 ml por 2 muestras
Tolueno	Laboratorio	V c/TFE	4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual.	7 días	40 ml por 2 muestras

Triclorometano	Laboratorio	V c/TFE	4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual.	7 días	40 ml por 2 muestras
Xileno	Laboratorio	V c/TFE	4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual.	7 días	40 ml por 2 muestras

- 1) V c/TFE = Vidrio de 40 ml dotado de un tapón de tapa rosca con orificio en el centro (Pierce 13075 o equivalente) y un tabique de silicona (Pierce 12722 o equivalente) revestido de TFE (teflón).
- 2) De preferencia agregar el preservante en terreno sobre la muestra.
- 3) Tiempo máximo comprendido entre la toma de la muestra y el análisis.

6.4 Resultados de los análisis.

6.4.1. Si una o más muestras durante el mes exceden los límites máximos establecidos en las tablas N°1, 2, 3, 4 y 5, se debe efectuar un m uestreo adicional o remuestreo.

El remuestreo debe efectuarse dentro de los 15 días siguientes de la detección de la anomalía. Si una muestra, en la que debe analizarse DBO5, presenta además valores excedidos de alguno de los contaminantes: aceites y grasas, aluminio, arsénico, boro,

cadmio, cianuro, cobre, cromo (total o hexavalente), hidrocarburos, manganeso, mercurio, níquel, plomo, sulfato, sulfuro o zinc, se debe efectuar en los remuestreos adicionales la determinación de DBO5, incluyendo el ensayo de toxicidad, especificado en el anexo B de la norma NCh 2313/5 Of 96.

6.4.2. No se considerarán sobrepasados los límites máximos establecidos en las tablas números 1, 2, 3, 4 y 5 del presente decreto:

a) Si analizadas 10 o menos muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo una de ellas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en las referidas tablas.

b) Si analizadas más de 10 muestras mensuales, incluyendo los remuestreos, sólo un 10% o menos, del número de muestras analizadas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en esas tablas. Para el cálculo del 10% el resultado se aproximará al entero superior.

Para efectos de lo anterior en el caso que el remuestreo se efectúe al mes siguiente, se considerará realizado en el mismo mes en que se tomaron las muestras excedidas.

6.5 Métodos de Análisis.

La determinación de los contaminantes incluidos en esta norma se debe efectuar de acuerdo a los métodos establecidos en las normas chilenas oficializadas que se indican a continuación, teniendo en cuenta que los resultados deberán referirse a valores totales en los contaminantes que corresponda.

Comentario [c27]:
Comentarios ANDESS 17.11.08
que serán analizados según
calendario de actividades

- NCh 2313/1, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 1: Determinación pH.
- NCh 2313/2, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 2: Determinación de la Temperatura.
- NCh 2313/3, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 3: Determinación de Sólidos Suspendedos Totales secados a 103° C – 105° C.
- NCh 2313/4, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 4: Determinación de Sólidos Sedimentables.
- NCh 2313/5, Of 96, Decreto Supremo N°146 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis Parte 5: Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).
- NCh 2313/6, Of 97, Decreto Supremo N°317 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis – Parte 6: Determinación de Aceites y Grasas.
- NCh 2313/7, Of 97, Decreto Supremo N°949 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas : Aguas Residuales-Métodos de Análisis – Parte 7: Determinación de Hidrocarburos totales.
- NCh 2313/9, Of 96, Decreto Supremo N°879 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis – Parte 9: Determinación de Arsénico.
- NCh 2313/10, Of 96, Decreto Supremo N°879 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis – Parte 10: Determinación de Metales Pesados: Cadmio, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeso, Níquel, Plomo, Zinc.
- NCh 2313/11, Of 96, Decreto Supremo N°879 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis – Parte 11: Determinación de Cromo Hexavalente.

- NCh 2313/12, Of 96, Decreto Supremo N°879 de 1996 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de análisis – Parte 12: Determinación de Mercurio.
- NCh 2313/14, Of 97, Decreto Supremo N°949 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales-Métodos de Análisis Parte 14: Determinación de Cianuro Total.
- NCh 2313/15, Of 97, Decreto Supremo N°949 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 15: Determinación de Fósforo Total.
- NCh 2313/17, Of 97, Decreto Supremo N°1144 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 17: Determinación de Sulfuro total.
- NCh 2313/18, Of 97, Decreto Supremo N°1144 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 18: Determinación de Sulfato disuelto (para la determinación de sulfato total se debe realizar previa digestión de la muestra).
- NCh 2313/19, Of 98, Decreto Supremo N° 1461 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 19: Determinación del índice de fenol.
- NCh 2313/20, Of 98, Decreto Supremo N° 2557 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 20: Determinación de Trihalometanos (se utiliza para los Triclorometano y Tetracloroetano).
- NCh 2313/21, Of 97, Decreto Supremo N°1144 de 1997 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Métodos de Análisis Parte 21: Determinación del Poder espumógeno.
- NCh 2313/22, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales-Métodos de Análisis- Parte 22: Determinación de Coliformes Fecales en medio EC.
- NCh 2313/23, Of 95, Decreto Supremo N°545 de 1995 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales-Métodos de Análisis- Parte 23: Determinación de Coliformes Fecales en medio A-1.

- NCh 2313/25, Of 97, Decreto Supremo N° 37 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales- Métodos de Análisis- Parte 25: Determinación de Metales por espectroscopía de emisión de plasma .
- NCh 2313/27, Of 98, Decreto Supremo N° 2557 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 27: Determinación de Surfactantes aniónico, Método para Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM).
- NCh 2313/28, Of 98, , Decreto Supremo N° 2557 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 28: Determinación de Nitrógeno Kjeldahl.
- NCh 2313/29, Of 99, Decreto Supremo N° 1159 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 29: Determinación de Pentaclorofenol y algunos herbicidas organoclorados.
- NCh 2313/30, Of 99 , Decreto Supremo N° 1159 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 30: Determinación de Selenio.
- NCh 2313/31, Of 99, Decreto Supremo N° 1159 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis- Parte 31: Determinación de benceno y algunos derivados (Tolueno y Xileno).
- NCh 2313/32, Of 99, Decreto Supremo N° 414 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 32: Determinación de Cloruro.
- NCh 2313/33, Of 99, Decreto Supremo N° 1159 de 1999 del Ministerio de Obras Públicas: Aguas Residuales – Método de Análisis – Parte 33: Determinación de Fluoruro.
- Método Cromatografía Iónica con Supresión Química de Conductividad del Efluente, para determinar Nitrito (NO_2^-) y Nitrate (NO_3^-), según 4110 B, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19th Ed.; APHA-AWWA-WEF; 1995.

- Método de Electrodo de Nitrato, para determinación de Nitrato (NO_3^-), según 4500- NO_3^- D. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19th Ed.; APHA-AWWA-WEF; 1995.

6.6 Metodología de análisis para la determinación de calidad de aguas tratadas con presencia de microalgas.

Comentario [c28]: Observación de ANDESS 17.11.08. El tema se tratará según calendario de actividades.

1.- Campo de Aplicación.

La presente metodología es especialmente útil para la determinación de calidad de aguas tratadas en sistemas de lagunas de estabilización. Este tipo de aguas, en general, presentan una cantidad importante de microalgas, las cuales aportan sólidos suspendidos totales (SST) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) que afectan su calidad al ser medidos como concentraciones totales.

El contenido de microalgas en el agua no necesariamente significa un mayor grado de contaminación, en especial cuando esta agua es descargada a cursos naturales como ríos y esteros.

2.- Metodología.

2.1. Desarrollo de cultivo de microalgas predominantes.

Previo al desarrollo del cultivo de microalgas, debe determinarse el tipo de alga que predomina en la muestra, para lo cual debe realizarse el análisis de identificación de

acuerdo a las metodologías establecidas en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Esta identificación es importante para establecer los cuidados específicos que pudiera requerir cada tipo de alga.

El cultivo de algas se realiza para obtener la misma masa algal presente en forma natural en la muestra, que esté libre de elementos extraños, desarrollada en agua limpia y en una cantidad suficiente que permita extraer muestras para realizar análisis de SS y DBO5, entre otros, representativos de los aportes de la masa algal, los que deberán realizarse según los Métodos de Análisis NCh 2313/3, Of. 95 y NCh 2313/5, Of 96 respectivamente.

El procedimiento para el cultivo es el siguiente:

Centrifugar una cantidad adecuada de muestra para concentrar la masa algal presente y obtener una cantidad suficiente para efectuar el cultivo.

Lavar la masa algal obtenida centrifugándola 2 o 3 veces en medio de cultivo.

Aplicar CO₂ a saturación por 30 minutos para la eliminación de rotíferos y depredadores que pudieran estar presentes en la muestra.

Cultivar en botella de vidrio transparente la masa algal tratada de acuerdo a lo indicado anteriormente, durante un período de 48 horas. El cultivo debe estar sometido a las siguientes condiciones durante todo el tiempo de desarrollo:

- Intensidad luminosa de 600 watt/m²
- Flujo de aire filtrado no inferior a 25 L/hr

2.2 Correlación entre Clorofila a y contaminante de control.

Corresponde a la determinación de una correlación entre el contaminante que interesa medir para determinar la calidad del agua de la muestra (contaminante de control) y la Clorofila a. Se usa la Clorofila a por ser específica de las algas y por su facilidad de medición (método 10200 H Chlorophyll 1 y 2 del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19th Ed).

La correlación que se obtenga, se aplica a la(s) muestra(s) que se desea controlar, analizándole(s) el contenido de Clorofila a, determinado el valor del contaminante de control asociado a cada una de estas mediciones y asumiendo que corresponde al aporte del contenido algal. Este aporte se descuenta de la concentración total del contaminante de control, la que debe ser determinada previamente en la(s) muestra(s).

El procedimiento para la confección de la curva de correlación es el siguiente:

- Concentrar por centrifugación un volumen adecuado de cultivo.
- Lavar el concentrado de algas con agua bidestilada por centrifugación, a lo menos en 3 ocasiones sucesivas.
- Preparar 5 o más diluciones de 200 ml como mínimo para la confección de la curva de correlación.
- Tomar alícuotas adecuadas de cada dilución y hacer, a cada una de ellas; las determinaciones de Clorofila a y del contaminante de control, ambas en mg/L.
- Graficar y obtener una correlación del tipo lineal entre Clorofila a y el contaminante de control.

3.- Preparación Medio de Cultivo

La preparación del medio de cultivo se hará según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19th Ed, sección 8010E.4c1.

7. FISCALIZACION

La fiscalización de la presente norma corresponderá a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y a los Servicios de Salud, según corresponda.

8. PLAZO DE VIGENCIA

El presente decreto entrará en vigencia 180 días después de su publicación en el Diario Oficial.

Tómese razón, anótese, comuníquese y publíquese

RICARDO LAGOS ESCOBAR
Presidente de la República

002684

ALVARO GARCIA HURTADO
Ministro
Secretario General de la Presidencia

Publicado en el Diario Oficial el 7 de marzo de 2001