



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 OPERATIVO. PROCESO DE REVISIÓN DS 90

Fecha: 13 DE ENERO DEL 2009

Lugar: SALA DE REUNIONES 4 PISO – SALON 409

Hora inicio: 10:30 hrs.

Hora Fin: 13:00 hrs.

N°	Nombre	Institución	Teléfono/Fax	e. mail	Firma
1	CRISTIAN ANDAUF	SERNAPESA	56-32-2819279	ANDAUF@SERNAPESA.CL	
2	Carolina Gómez A	CNE	3656876	gomez@cne.cl	
3	JACOBO HORSI	KRISTAL	7320209	JHORSI@KRISTAL.CL	
4	MARCELA CALZADA R	SISA	3821181	marcela@sis.cl	
5	Rosanna Brontes	SISS	3828251	rbrontes@cochilco.cl	
6	Cecilia Martínez	MINSAL	5740566	cecilia.martinez@minsal.cl	
7	Pedro Riveros	MINSAL	5740400	priveros@minsal.cl	
8	P. MATV S	CEMPA	2994112	prinetus@cecpa.cl	
9	MACARENA FAWSE	CONAMA	2405686	MFAWSE@CONAMA.CL	

002124

N°	Nombre	Institución	Teléfono/Fax	e. mail	Firma
10	CONTRATO BAUANAC	CONAMA	2405629	cbuanac@conama.cl	
11	Alexandre Figueroa	CONAMA	2405629	afigueroa@conama.cl	
12	Claudia Golleguillos	CONATA	2405706	cgolleguillos@conama.cl	
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

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

Enviado por : SISS- Gabriel Zamorano
e-mail : gzamorano@siss.gob.cl
Fecha : Viernes, 16 de enero 2009
Hora : 18:43 hrs

DOCUMENTOS ANEXOS

Nº	DOCUMENTO
1	Correo electrónico con antecedentes del DFL382

De: Zamorano S. Gabriel [gzamorano@siss.gob.cl]
Enviado el: Viernes, 16 de Enero de 2009 18:43
Para: Claudia Galleguillos
CC: Cepeda R. Nancy; Lillo S. Cristian
Asunto: Lo solicitado
Marca de seguimiento: Seguimiento
Estado de marca: Completado

El artículo 5° del DFL 382 define qué son los servicios públicos sanitarios:

Artículo 5°.- Es servicio público de producción de agua potable, aquél cuyo objeto es producir agua potable para un servicio público de distribución.
Es servicio público de distribución de agua potable, aquél cuyo objeto es prestar dicho servicio, a través de las redes públicas exigidas por la urbanización conforme a la ley, a usuarios finales obligados a pagar un precio por dicha prestación.
Es servicio público de recolección de aguas servidas, aquél cuyo objeto es prestar dicho servicio, a través de las redes públicas exigidas por la urbanización conforme a la ley, a usuarios finales obligados a pagar un precio por dicha prestación.
Es servicio público de disposición de aguas servidas, aquél cuyo objeto es disponer las aguas servidas de un servicio público de recolección.

Del punto de vista de las definiciones, es importante tener en cuenta el art. 3° del DFL 382

Artículo 3°.- Se entiende por producción de agua potable, la captación y tratamiento de agua cruda, para su posterior distribución en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas.
Se entiende por distribución de agua potable, la conducción del agua producida hasta su entrega en el inmueble del usuario.
Se entiende por recolección de aguas servidas, la conducción de éstas desde el inmueble del usuario, hasta la entrega para su disposición.
Se entiende por disposición de aguas servidas, la evacuación de éstas en cuerpos receptores en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas, o en sistemas de tratamiento.

Se desprende de la lectura de éstos artículos que la conducción y disposición de agua lluvias no forma parte de los servicios sanitarios y por lo tanto las empresas no pueden considerarlos en sus actividades ni la tarifa puede remunerarlos. La única excepción se refiere a los alcantarillados unitarios que existían a la época de dictación de la Ley y que las sanitarias deben seguir explotando de acuerdo a lo que establece el art. 4° transitorio del DFL 382

Artículo 4°.- Los servicios públicos de recolección de aguas servidas, cualquiera sea su naturaleza jurídica, continuarán explotando los alcantarillados unitarios en actual operación, sin perjuicio de la legislación sobre aguas lluvias.

Es lo que yo te puedo contar.

Saludos

Gabriel Zamorano

Saludos,
GZS

--
This message has been scanned for viruses and dangerous content by **MailScanner**, and is believed to be clean.

23-04-2009



002123

ORD. N° 090212 /

ANT.: Revisión norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Decreto Supremo N°90/2000.

MAT.: Suspende reuniones del Comité Ampliado en enero y febrero 2009.

SANTIAGO, 20 ENE. 2009

DE : HANS WILLUMSEN ALENDE
Jefe Departamento Control de la Contaminación
Comisión Nacional del Medio Ambiente

A : SEGÚN DISTRIBUCIÓN

En relación con el proceso de 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"***, se comunica a los miembros del Comité Ampliado que las reuniones fijadas por calendario de actividades para los días 30 enero y 27 de febrero 2009, deberán ser suspendidas por reestructuración y desarrollo de las temáticas que se encuentran en análisis dentro del Comité Operativo de la norma, donde destaca el trabajo que se realizará a través del estudio denominado ***"Apoyo profesional para el desarrollo del análisis general de impacto económico y social 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"***, la cual está siendo ejecutada por la consultora Kristal Ingeniería Ambiental.

Esperando contar con su comprensión, saluda atentamente a usted,

HANS WILLUMSEN ALENDE
Jefe Departamento Control de la Contaminación
Comisión Nacional del Medio Ambiente

GLS/MAH/EGC/aat

DISTRIBUCIÓN:

- Sr. Guillermo Pickering De La Fuente, Vicepresidente Ejecutivo ANDESS
- Sr. Juan Eduardo Correa Bulnes, Vicepresidente Ejecutivo CORMA
- Sr. Alfredo Ovalle Rodríguez, Presidente SONAMI
- Sr. Javier Cox, Gerente General Consejo Minero
- Sr. Luis Felipe Moncada A., Gerente ASIPES
- Sr. Andrés Montalva Lavanderos, Gerente ASIPNOR
- Sr. Cristián Fernández, Gerente General APOOCH
- Sr. Rodrigo Infante Varas, Gerente General SALMÓN CHILE
- Sr. Héctor Bacigalupo Falcón, Gerente General Sociedad Nacional de Pesca
- Sr. Marcelo Fuster R., Gerente General ASIMET
- Sr. Ricardo Junge, Gerente ASIQUIM
- Sr. Jaime Dinamarca Garate, Gerente de Operaciones y Medio Ambiente, SOFOFA
- Sr. Aníbal Ariztía R., Gerente General Asociación de Viñas
- Sr. Guillermo González G., Gerente General CHILEALIMENTOS
- Sr. Enrique Figueroa, Presidente FEDELECHE
- Sr. Felipe de La Carrera Del Río, Gerente Asociación Gremial de Productores de Cerdos de Chile
- Sr. Aldo Tamburrino T., Jefe de División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente del Dpto. Ingeniería Civil de la Universidad de Chile
- Sr. Bonifacio Fernández L., Jefe Dpto. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile
- Sr. Sergio Lavanchy Merino, Rector Universidad de Concepción.
- Sr. Víctor Cubillos Godoy, Rector Universidad Austral de Chile
- Sr. Alberto Loyola Morales, Rector Universidad de Antofagasta
- Sr. Leopoldo Sánchez Grunert, Director Nacional INIA
- Sr. Rodrigo Pizarro Gariazzo, Director Ejecutivo Fundación Terram
- Sr. Rodrigo Herrera Jenó, Director Ejecutivo Greenpeace Chile
- Sr. Eugenio Figueroa, Director Ejecutivo CENMA
- Sr. Sergio Toro Galleguillo, Director Instituto Nacional de Normalización
- Sr. Alexander Chechilnitzky, Director AIDIS CHILE
- Sr. Jaime Pavez Moreno, Presidente Asociación Chilena de Municipalidades
- Sr. Pedro Navarrete, Programa Bio Río
- Sr. Mario Vásquez, Invertec
- Sr. Francisco Lucero, Invertec
- Sr. Alfonso Vial, Gestión Ambiente Consultores
- Sr. Alex Muñoz Wilson, Vicepresidente, oficina para Sudamérica, Oceana

c.c:

- Archivo Dirección Ejecutiva CONAMA
- División Jurídica, CONAMA
- Archivo Departamento Control de la Contaminación, CONAMA.
- Expediente Norma DS 90

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

Enviado por : RECURSOS NATURALES- CONAMA- Alejandra Figueroa
e-mail : afigueroa@conama.cl
Fecha : Viernes, 23 de enero 2009
Hora : 12:07 hrs

DOCUMENTOS ANEXOS

Nº	DOCUMENTO
1	Antecedentes para el DS90. Zonas de Estuarios
2	Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile Central. José Stuardo y Claudio Valdovinos.

**Antecedentes para DS90. Zonas de Estuario
Dpto. Protección de Recursos Naturales¹.**

José Stuardo Y Claudio Valdovinos*, en su paper **Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile central.**

Se entrega una serie de antecedentes respecto a la importancia de estuarios y lagunas costeras, destacan algunas zonas de estuario relevantes, destacan aquellas que han sido mayormente estudiadas.

Se destaca su importancia ecológica, haciendo notar que son sistemas que incluyen también áreas donde los procesos de sedimentación son muy intensos, lo que en muchos casos se traduce en la formación de extensas barras que interrumpen la activa interacción entre las aguas continentales y oceánicas. Son, pues, por lo general, zonas muy lábiles, especialmente a las actividades humanas (e.g. aumento de la carga de sedimentos de los ríos ligada a la erosión causada por la tala de bosques; construcción de muelles; etc.) y a la descarga de efluentes

industriales y urbanos que normalmente se sitúan en los márgenes de estos sistemas.
TEMAS QUE YA HEMOS MENCIONADO EN REUNIONES DEL COMITÉ.

Ahora bien respecto a la definición de estuario los autores plantean las tendencias dentro del mundo científico a incluirlos bajo una sola definición: "un estuario es un cuerpo de agua costero semiencerrado, que tiene una conexión libre con el mar abierto y dentro del cual el agua de mar es mensurablemente diluida con agua dulce derivada del drenaje terrestre" (Pritchard, 1967; Day, 1980). Esto básicamente por la combinación de los procesos y problemas que los caracterizan

Respecto al conocimiento señalan los autores:

El conocimiento geográfico que se tiene de los estuarios es muy pobre; por ejemplo, en el derrotero de la costa de Chile se encuentran tan sólo las descripciones parciales de algunos de ellos. Es más, sólo tres grupos de estuarios han sido estudiados desde diversos

puntos de vista:

1) Leighton (1985) y Leighton *et al.* (1987) han planteado ideas de manejo e iniciado el estudio de la variabilidad ambiental de la estructura típica y primaria, de los estuarios de los ríos y esteros de la V Región, entre el estero de Catapilco y el río Rapel;

2) Fischer (1963), Retamal (1967), Rivera *et al.* (1973) y Hoffman (1979) estudiaron la ecología general, los peces, crustáceos, fitoplancton y contaminación del estuario de Lengua en la provincia de Concepción, región en la que paradójicamente recién empieza a estudiarse el estuario abierto del río Bío-Bío, el río más importante de la zona central;

3) por otra parte, Jaramillo *et al.* (1984, 1985), Turner (1984), Pino *et al.* (1983), Rojas (1984), Bravo (1984) y otros han iniciado el estudio detallado de los sedimentos y la estructura y relaciones comunitarias de los organismos bentónicos en los estuarios de los ríos Queule y Mehuín (véase también contribuciones de estos y otros autores en el

¹ Alejandra Figueroa Fernández

volumen de Resúmenes de las VIII Jornadas de Ciencias del Mar, 1988, y volúmenes de años anteriores).

TABLA 1

Importancia de ríos y estuarios del centro-sur chileno entre ca. 35° y 43° lat.S.
(modificada de Stuardo, 1988. Datos de Niemeyer y Cereceda, 1984)
(+ = importante; - = alterado; * = mejor estudiado)

Importance of rivers and estuaries of the center and south of Chile between ca 35° and 43° S.Lat.
(Modified from Stuardo, 1988. Data from Niemeyer and Cereceda, 1984)
(+ = important; - = modified; * = better studied)

Región	Ríos principales	Tributarios	Ríos costeros	Hoya (km ²)	Gasto medio (m ³ /s)	Estuario	Lagunas costeras
VII (aprox. al sur de 35° lat.)	Mataquito	Teno Lontué		6.190	153,0	?	
	Maule	Numerosos		20.295	467,0	Sí -	
	Itata	Varios		11.090	186,0	Sí - (bancos)	
VIII (aprox. al sur de 36°30' lat.)	Bío-Bío*	Varios	Lenga*	24.029	899,0	?	
			Andalién*	?	?	Sí +	
			Carampangue	780	?	Sí -	
			Tubul y Raqui	1.237	45,0	Sí -	
			Lebu	?	?	Sí ++	
			Paicaví	813	?	Sí -	
			Lleulleu	1.133	?	?	
			Tirúa	670	?	Sí	
IX (aprox. al sur de 38°30' lat.)	Imperial	Cautín Cholchol		400	?	Sí ++	
			"Río Budi" y Lago	51	?		Lago Budi++ ca. 15 km
			Toltén	7.886	572,0	Sí ++	
X (aprox. al sur de 39°30' lat.)	Valdivia*	Varios		9.902	687,0	Sí +	
	Bueno	Varios		17.210	570,0	Sí +	
	Mauilín			4.298	73,0	Sí +++	
	Chamiza			725	?	Integrados	
	Petrohué			2.644	678,0	al	Lagos Cucao y Huillinco (isla Chiloé)
	Cochemó			300	?	sistema	
	Puelo			8.817	670,0	de	
	Yelcho			10.979	363,0	canales	
			670	?	y		
		Queule*	512	?	fiordos		
		Lingue*	1.400	?	de tipo		
		Llico			estuarino		
XI (aprox. al sur de 44° lat.)	Palena			12.887	130,0	austral	
	Cisnes			5.196	240,0		
	Aysen			11.674	628,0		
	Baker			26.726	875,0		

Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile central.

JOSÉ STUARDO Y CLAUDIO VALDOVINOS*

ABSTRACT. *The estuaries and coastal lagoons of central Chile are very important systems, yet are poorly known. In this paper, the principal systems between 35° and 39°S. Lat. are discussed. These are the estuaries of the following rivers: Mataquito, Maule, Itata, Andalién, Bio-Bio, Raqui, Tubul, Carampangue, Lebu, Tirúa, Imperial and Toltén, and the Budi coastal lagoon (Budi "Lake"). A complete table is provided which summarizes the estuaries, coastal lagoons, and their relative importance. Level of knowledge and grade of pollution is also included.*

Antecedentes

Poca atención se ha prestado en Chile al rol que cumplen los estuarios y lagunas costeras, a pesar de su reconocida importancia a nivel mundial. De manera general, estos sistemas se caracterizan por ser áreas costeras donde las aguas continentales ("aguas dulces") se mezclan gradualmente con las aguas oceánicas, determinando la existencia de amplios gradientes de salinidad, temperatura y densidad. La importancia de estos sistemas es más representativa cuanto mayores son los aportes de aguas continentales, por lo que aparecen ligados principalmente a climas más o menos lluviosos.

Normalmente los estuarios se asocian a la desembocadura de los ríos, y las lagunas costeras a cuerpos de agua aislados asociados a llanuras costeras con aportes menores o estacionales de agua dulce. El reconocimiento de la diversidad y complejidad de diversos tipos de estuarios y lagunas costeras, la importancia de su extensión geográfica por diversos países y el interés en su estudio demostrado por algunos organismos y programas internacionales, ha llevado a algunos autores a considerarlos como ecosistemas diferentes. Sin embargo, la combinación de los procesos y problemas que los caracterizan ha llevado a otros, por su similitud, a incluirlos bajo una sola definición: "un estuario es un cuerpo de agua costero semicerrado, que tiene una conexión libre con el mar abierto y dentro del cual el agua de mar es mensurablemente diluida con agua dulce derivada del drenaje terrestre" (Pritchard, 1967; Day, 1980).

* Departamento de Oceanología, Universidad de Concepción.

Estos sistemas se caracterizan por tener una dinámica interna muy particular en sus variables químicas, físicas y biológicas, las cuales están determinadas en gran medida por sus cuatro grandes componentes: caudal y escurrimiento de los ríos, entrada de agua de mar y efecto de las mareas, la roca madre del lecho y el transporte de sedimentos y la atmósfera.

Debido a la entrada desde el continente de una cantidad importante de nutrientes, materia orgánica particulada y sedimentos, transportados principalmente por los ríos, estos sistemas son unos de los más productivos del mundo, y es por esto que cumplen un rol natural importantísimo como sitios de reproducción, desarrollo y crecimiento de muchas especies de animales y plantas estuarinas, y de muchas especies marinas que remontan hacia el estuario durante su período reproductivo. Siendo sistemas altamente productivos, hacen, además, grandes aportes de energía a las áreas costeras adyacentes, teniendo por ello una gran importancia para las pesquerías.

Por otra parte, estos sistemas incluyen también áreas donde los procesos de sedimentación son muy intensos, lo que en muchos casos se traduce en la formación de extensas barras que interrumpen la activa interacción entre las aguas continentales y oceánicas. Son, pues, por lo general, zonas muy lábiles, especialmente a las actividades humanas (e.g. aumento de la carga de sedimentos de los ríos ligada a la erosión causada por la tala de bosques; construcción de muelles; etc.) y a la descarga de efluentes industriales y urbanos que normalmente se sitúan en los márgenes de estos sistemas.

La importancia de los estuarios y, en especial, de las lagunas costeras en Latinoamérica ha sido destacada en diversos simposios y programas internacionales, pero hasta hace pocos años había sido enfatizada especialmente para las áreas tropicales. A comienzos de esta década, la parte latinoamericana (COSALO del proyecto COMAR de UNESCO, derivó también este interés hacia las "zonas templadas y subantárticas" de Sudamérica, indicando a los países del área la necesidad de estudiarlos. Considerando la problemática regional separó dentro del ecosistema estuarino, sin definirlos, un ecosistema de lagunas costeras y otro que denominó deltaico. El ecosistema estuarino fue diferenciado, a su vez, en uno de tipo fluvial y otro de fiordos australes. En una contribución reciente sobre la problemática de las zonas templada y subantártica, Stuardo (1988) propuso reunir a los estuarios y lagunas costeras de nuestro país como una unidad ecosistémica, separándola de otro sistema característico denominado "de bahías cerradas, canales y fiordos, de tipo estuarino", enfatizando la escala y tipos de aguas de salinidad variable que los caracterizaban estacionalmente (el caso de algunas bahías de la zona

central), o permanentemente (canales y fiordos australes). Sólo el primero es considerado en este análisis.

Indudablemente no todos los ríos de Chile central presentan estuarios claramente reconocibles, y las lagunas costeras son relativamente escasas. Esta relación se presenta en la Tabla 1. Es claro que el aumento de la pluviosidad y del derretimiento de las nieves determinan de manera

TABLA 1

Importancia de ríos y estuarios del centro-sur chileno entre ca. 35° y 43° lat.S.
(modificada de Stuardo, 1988. Datos de Niemeyer y Cereceda, 1984)
(+ = importante; - = alterado; * = mejor estudiado)

Importance of rivers and estuaries of the center and south of Chile between ca 35° and 43° S.Lat.
(Modified from Stuardo, 1988. Data from Niemeyer and Cereceda, 1984)
(+ = important; - = modified; * = better studied)

Región	Ríos principales	Tributarios	Ríos costeros	Hoya (km ²)	Gasto medio (m ³ /s)	Estuario	Lagunas costeras	
VII (aprox. al sur de 35° lat.)	Mataquito	Teno		6.190	153,0	?		
		Lontué						
	Maule	Numerosos		20.295	467,0	Sí -		
	Itata	Varios		11.090	186,0	Sí - (bancos)		
VIII (aprox. al sur de 36°30' lat.)	Bío-Bío*	Varios		24.029	899,0	?		
			Lenga*	?	?	Sí +		
			Andalién*	780	?	Sí -		
			Carampangue	1.237	45,0	Sí -		
			Tubul y Raqui	?	?	Sí ++		
			Lebu	813	?	Sí -		
			Paicaví	1.133	?	?		
			Lieulfau	670	?	Sí		
Tirúa	400	?	Sí ++					
IX (aprox. al sur de 38°30' lat.)	Imperial	Cautín	Cholchol	12.054	240,0	Sí +++		
				"Río Budi" y Lago	51	?		Lago Budi++ ca. 15 km
			Toltén	7.886	572,0	Sí ++		
X (aprox. al sur de 39°30' lat.)	Valdivia*	Varios		9.902	687,0	Sí +		
			Buena	17.210	570,0	Sí +		
	Mauilín	Varios	Chamiza	4.298	73,0	Sí +++		
			Petrohué	725	?	Integrados	Lagos Cucao y Huillinco (isla Chiloé)	
			Cochamó	2.644	678,0	al		
			Puelo	300	?	sistema		
			Yelcho	8.817	670,0	de		
				10.979	363,0	canales		
	670	?	y					
	512	?	fiordos					
	1.400	?	de tipo					
XI (aprox. al sur de 44° lat.)	Palena	Cisnes		12.887	130,0	estuarino		
				5.196	240,0	austral		
			Aysen	11.674	628,0			
			Baker	26.726	875,0			

general la importancia del flujo de los ríos y de sus estuarios, lo que, a su vez, se combina con el origen de los ríos (en la Cordillera de los Andes o en la Cordillera de la Costa), y la extensión de sus hoyas hidrográficas; sin embargo, el origen lacustre de algunos ha permitido a los geógrafos la diferenciación de 2 grandes tipos:

a) Ríos en torrente de origen mixto de la zona subhúmeda (Región del Maule y Región del Bío-Bío).

b) Ríos tranquilos con regulación lacustre de la zona húmeda (Región de la Araucanía y Región de los Lagos).

Los estuarios importantes se inician justamente con los ríos de la primera categoría (tabla 1). Un análisis comparativo de los volúmenes escurridos a través de los ríos en las distintas zonas del país se presenta en la figura 1.

Desgraciadamente, el conocimiento geográfico que se tiene de los estuarios es muy pobre; por ejemplo, en el derrotero de la costa de Chile se encuentran tan sólo las descripciones parciales de algunos de ellos. Es más, sólo tres grupos de estuarios han sido estudiados desde diversos puntos de vista: Leighton (1985) y Leighton *et al.* (1987) han planteado ideas de manejo e iniciado el estudio de la variabilidad ambiental de la estructura típica y primaria, de los estuarios de los ríos y esteros de la V Región, entre el estero de Catapilco y el río Rapel; Fischer (1963), Retamal (1967), Rivera *et al.* (1973) y Hoffman (1979) estudiaron la ecología general, los peces, crustáceos, fitoplancton y contaminación del estuario de Lengua en la provincia de Concepción, región en la que paradójicamente recién empieza a estudiarse el estuario abierto del río Bío-Bío, el río más importante de la zona central; por otra parte, Jaramillo *et al.* (1984, 1985), Turner (1984), Pino *et al.* (1983), Rojas (1984), Bravo (1984) y otros han iniciado el estudio detallado de los sedimentos y la estructura y relaciones comunitarias de los organismos bentónicos en los estuarios de los ríos Queule y Mehuín (véase también contribuciones de estos y otros autores en el volumen de Resúmenes de las VIII Jornadas de Ciencias del Mar, 1988, y volúmenes de años anteriores).

Estuarios y lagunas costeras importantes de Chile central

Si bien los tres grupos de estuarios mejor estudiados son importantes desde el punto de vista del conocimiento de los procesos, y características ambientales y biológicas que les son propias, existen otras áreas estuarinas que por su extensión y relación con ríos de mayor caudal, su influencia sobre la zona costera o su alteración por acción antrópica, requieren de nuestra mayor preocupación y

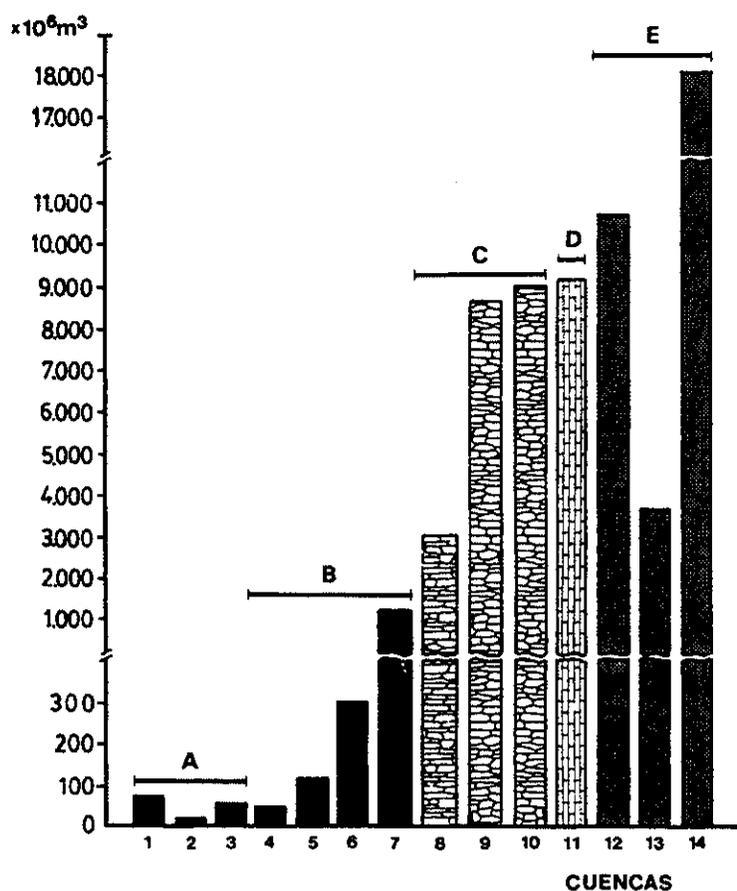


Figura 1. Volúmenes de agua escurridos en el año en las principales hoyas hidrográficas de Chile (modificada de Niemeyer y Cereceda, 1984).

(Water volumes drained yearly in the principal continental hydrographic systems of Chile (Modified after Niemeyer & Cereceda, 1984).

Hoyas hidrográficas (Hydrographic systems): 1= Lluta en Toconotase, 2= Camarones en Conanoxa, 3= Loa en Chonchi, 4= Copiapó en La Puerta, 5= Huasco en Almendral, 6= Choapa en Puente Negro, 7= Aconcagua en Chabuquito, 8= Maipo en La Obra, 9= Maule en Armerillo, 10= Bío-Bío en San Pedro, 11= Toltén en Villarrica, 12= Puelo en junta con Manso, 13= Simpson en junta con Maniguales, 14= Pascua en descarga del Lago O'Higgins.

Zonas hidrográficas (Hydrographic zones): A= ríos de régimen esporádico de la zona árida, B= ríos en torrente de régimen mixto en la zona semiárida, C= ríos en torrente de régimen mixto en la zona subhúmeda, D= ríos tranquilos con regulación lacustre de la zona húmeda. E= ríos caudalosos trasandinos de la Patagonia.

estudio. Revisaremos someramente aquellas que se indican en la Tabla 1.

El aumento de la pluviosidad aproximadamente al sur del río Mataquito en la VII Región marca el inicio de los grandes estuarios con influencia patente sobre los procesos

de sedimentación en la zona costera adyacente, la productividad costera general y las pesquerías.

El primero de los grandes estuarios es el del río Maule, sobre el que no existe mayor información publicada, salvo aquella proporcionada por Niemeyer y Cereceda (1984) y el derrotero de la costa de Chile. Su degradación desde comienzos de siglo está directamente ligada al crecimiento de la ciudad de Constitución, que fuera puerto mayor hasta 1883, y que en 1906 todavía permitía la recalada en el estuario de barcos de hasta 637 toneladas. Con posterioridad, la formación de la barra impidió no sólo la entrada de barcos, sino también el tráfico expedito de las famosas lanchas maulinas construidas hasta entonces en astilleros de los márgenes de la ciudad.

Aparentemente la productividad de este estuario fue mucho mayor en el pasado, ya que en la actualidad presenta un alto grado de deterioro, ligado principalmente a la eliminación de desechos industriales y urbanos. Por la gran extensión que cubre este estuario, y por la importancia que tiene para la población de la zona, debería ser estudiado preferencialmente para estimar las posibilidades de recuperar su capacidad natural.

Hacia el sur, la Octava Región, con el aumento de la pluviosidad, está caracterizada por un incremento de las áreas estuarinas, ligadas principalmente a ríos y escurrimientos de la Cordillera de la Costa. Las dos cuencas hidrográficas de origen andino: la del Itata y la del Bío-Bío (en especial la del último), hacen aportes importantes de agua dulce a la zona costera, pero el primero presenta en la actualidad un estuario reducido a un sector muy embancado cercano a la desembocadura, que no ha sido estudiado, y el Bío-Bío presenta condiciones estuarinas sólo fuera de su desembocadura. Por otra parte, las llanuras costeras que caracterizan prácticamente a la costa de toda la Octava Región permiten la existencia de una serie de estuarios y áreas estuariales de reconocida importancia. De ellas los estuarios del río Andalién y el de Lenga, aunque importantes, ya están muy alterados, el primero por los aportes de alcantarillados, y el segundo por efluentes industriales que, sin embargo, comienzan a ser controlados.

En el límite sur del golfo de Arauco se encuentra el estuario de Tubul, el cual con sus dos brazos (río Raqui y río Tubul) es posiblemente por su extensión y por las extensas áreas de marismas que le caracterizan el más importante de la zona central. En la actualidad, este estuario ha sido utilizado exitosamente para el cultivo del "pelillo" (*Gracilaria*), y se asume que sus aportes al golfo de Arauco son importantes, aunque esto no ha sido aún evaluado.

Otros estuarios que fueron reconocidamente productivos en el pasado, pero cuya capacidad natural ha disminu-

do por efecto de embancamientos y vertimientos urbanos, son los del río Carampangue y, en particular, el del río Lebu. Este último (al igual que el del río Maule) es otro de los estuarios que pareciera de enorme potencial, pero que en la actualidad se halla muy alterado por el desarrollo urbano. Por el contrario, hacia el sur hay también otros estuarios poco conocidos y aparentemente poco alterados, que aunque de menor extensión indudablemente se suman a los aportes que contribuyen a la productividad de la zona costera; ejemplos de ellos son los de los ríos Paicaví, Lleulleu y Quidico.

El último estuario de la VIII Región, con un gran potencial y escasamente alterado, es el del río Tirúa. Algunas experiencias de cultivo de truchas y salmones y pesquerías locales de especies fundamentalmente estuarinas (róbalos y lisas) avalan su valor y justifican su necesidad de estudio y manejo.

Al sur de los 38° de latitud se incrementan las precipitaciones y se da inicio a la cadena de lago andinos. En esta área se encuentran tres grandes sistemas estuarinos, cuyas características y aportes son prácticamente desconocidos: éstos son los estuarios del río Imperial y del río Toltén, y la laguna Budi (erróneamente denominado "lago Budi"). El primero de ellos es muy extenso y está parcialmente cerrado por una amplia barra de arena, que crea un área protegida donde actualmente se han instalado algunas mitiliculturas. El estuario del río Toltén es aún más grande que el del río Imperial, pero aparentemente presenta, al igual que el del río Bío-Bío, condiciones estuarinas sólo fuera de su desembocadura.

El "lago Budi" es una típica laguna costera, con características sólo comparables con los "lagos" Huillinco y Cucao, situados en la isla de Chiloé. Prácticamente no hay información publicada acerca de sus características e importancia en la productividad de la zona; sin embargo, algunos estudios sinópticos en publicación (Stuardo *et al.*, 1989) destacan un alto grado de eutroficación y una ictiofauna aparentemente abundante, si se considera la extracción sostenida de algunas especies por los pescadores de Puerto Domínguez, lo que demuestra la necesidad de realizar estudio a mayores escalas de tiempo que permitan un adecuado manejo de este amplio y complejo sistema.

Entre la zona sur de la Región de la Araucanía y el término de la Región de los Lagos destacan tres grandes áreas estuarinas que corresponden a los últimos grandes ríos con regulación lacustre de la zona húmeda: los estuarios de los ríos Valdivia, Bueno y Maullín. El estuario del río Valdivia y el estuario del río Maullín son por su extensión los más importantes de esta región, correspondiendo, además, a áreas muy productivas y aún muy poco alteradas, a diferencia de los estuarios de la zona

central del país. El aporte combinado de los grandes volúmenes de agua dulce aportados por estos grandes ríos y aquellos intermedios que se originan en la Cordillera de la Costa, comienzan a acentuar el carácter estuarino de las aguas costeras que desde el Canal de Chacao hacia el sur integran el sistema de canales y fiordios de tipo estuarino austral. Indudablemente, el río Bueno hace también aportes importantes a la zona costera adyacente, aunque tampoco ha sido estudiado; al igual que el río Bío-Bío, parece presentar condiciones estuarinas sólo fuera de su desembocadura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAVO, A. 1984. Distribución de la macrofauna submareal en los fondos blandos de la Bahía Queule y estuario del río Queule. *Medio Ambiente*. 7(1): 37-46.
- DAY, J.H. 1980. What is an estuary? *S. Afr. J. Sci.* 76: 15-17.
- FISCHER, W. 1963. Die fische des Brackwassergebietes Lenga bei Concepción (Chile). *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 48 (3): 419-511.
- HOFFMAN, W. 1979. Evaluación del grado de contaminación del estero Lenga y bahía San Vicente. *In: V.A. Gallardo (ed.). Desarrollo e Investigación de los Recursos Marinos de la Octava Región, Chile, 9-13 enero 1978. Actas: 238-251.*
- INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA ARMADA, 1962. Derrotero de la Costa de Chile, 7: 753 pp.
- JARAMILLO, E.; S. MULSOW, M. PINO & H. FIGUEROA. 1984. Subtidal benthic macrofauna in a estuary of south Chile: Distribution pattern in relation to sediment types. *Mar. Ecol.* 5: 119-133.
- JARAMILLO, E.; C. BERTRÁN, G. AGUILAR, A. TURNER & M. PINO. 1985. Annual Fluctuation of the subtidal macrofauna in an estuary of south Chile. *Stud. Neotrop. Fauna and Environm.* 20 (1): 33-34.
- LEIGHTON, G. 1985. El manejo de ecosistemas de desembocaduras de ríos y estuarios. *Ambiente y Desarrollo*. 2: 149-154.
- LEIGHTON, G.; E. LOBO & R. UGARTE. 1987. Estructuras ambientales en los sistemas de desembocadura de ríos y esteros de la zona central de Chile (V Región). *Revista de Biología Marina*. 23 (2): 139-157.
- NIEMEYER, H. y P. CERECEDA. 1984. Hidrografía. Instituto Geográfico Militar, Santiago, Chile. Vol. 8. 320 pp. 1 mapa.
- PINO, M. y S. MULSOW. 1983. Distribución de facies granulométricas en el estuario del río Queule, IX Región: Un análisis de componentes principales. *Rev. Geol. Chile*. 18: 77-85.
- PRITCHARD, D.W. 1967. What is an estuary: Physical viewpoint. *In: Lauff, G.H. (ed.). Estuaries. Am. Assoc. Sci., Publ.* 83: 3-5.
- RETAMAL, M.A. 1967. Estudios bionómicos en una población de *Hemigrapsus crenulatus* (H. Milne Edwards), 1837, Lenga (36° Lat. S.). Informe de tesis para optar al título de Licenciado en Biología. Instituto Central de Biología, Departamento de Zoología, Universidad de Concepción. 68 pp. (Tesis mimeografiada).

- RIVERA, P.; O. PARRA & M. GONZALEZ. 1973. Fitoplancton del estero Lenga, Chile. *Gayana, Botánica*. 23: 1-93.
- ROJAS, C.F. 1984. Dinámica anual del sestón en el estuario del río Queule, IX Región. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*. 20 (2): 139-157.
- STUARDO, J. 1988. Características ambientales y aspectos biológicos y distribucionales de los principales recursos marinos de la plataforma austral sudamericana. *Inf. UNESCO, Cienc. Mar.* 47: 44-62.
- STUARDO, J.; C. VALDOVINOS y V. DELLAROSSA. 1989. Caracterización general del "Lago Budi": Una laguna costera importante de Chile central. (Sometido a publicación).
- TURNER, A. 1984. Zonación y estratificación de la macroinfauna intermareal del estuario del río Queule (IX Región, Chile). *Medio Ambiente*. 7(1): 29-36.

DOCUMENTO ENVIADO POR CORREO ELECTRÓNICO

“Proceso de Revisión DS 90”

Enviado por : RECURSOS NATURALES- CONAMA- Alejandra Figueroa

e-mail : afigueroa@conama.cl

Fecha : Viernes, 23 de enero 2009

Hora : 12:33 hrs

DOCUMENTOS ANEXOS

N°	DOCUMENTO
1	Caracterización y tendencias tróficas de los 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 íctica), 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 Quiñenco, Lago Lanalhue 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

precedentes 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

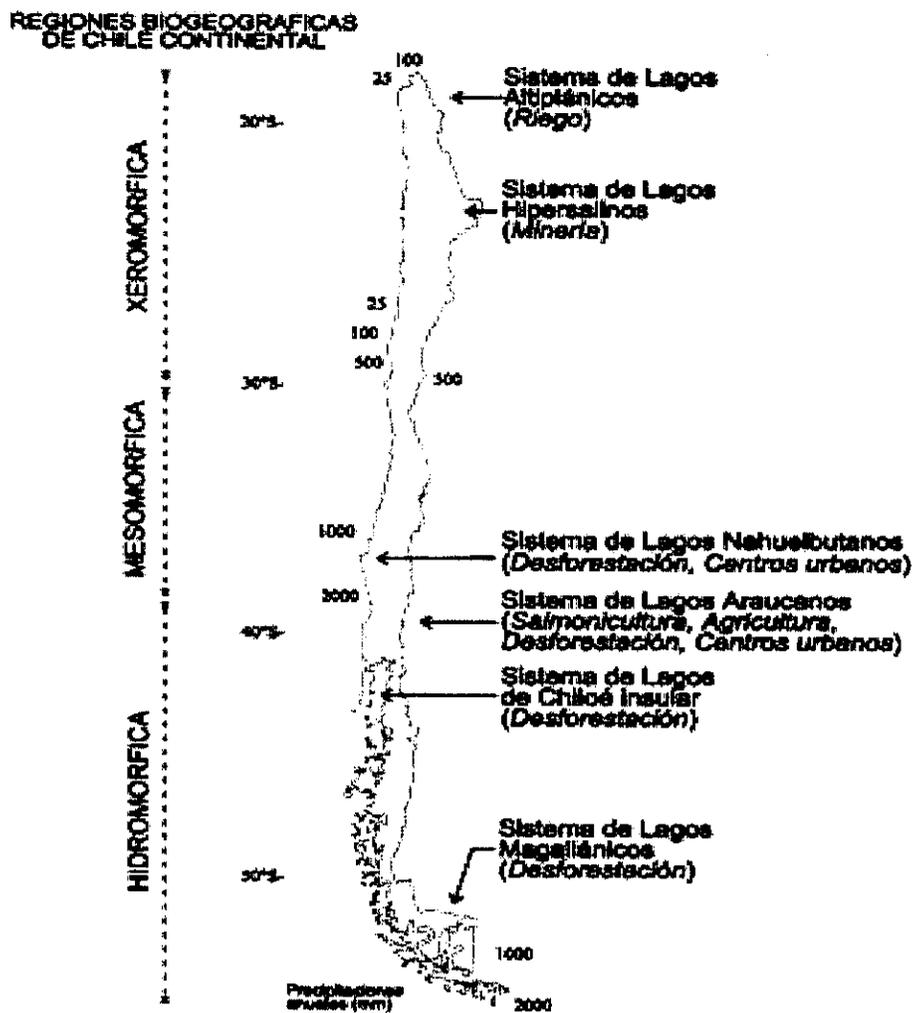


Figura 1. Localización latitudinal de los principales sistemas lacustres de Chile. *Latitudinal location for the main lake systems in Chile.*

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 mas 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,

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

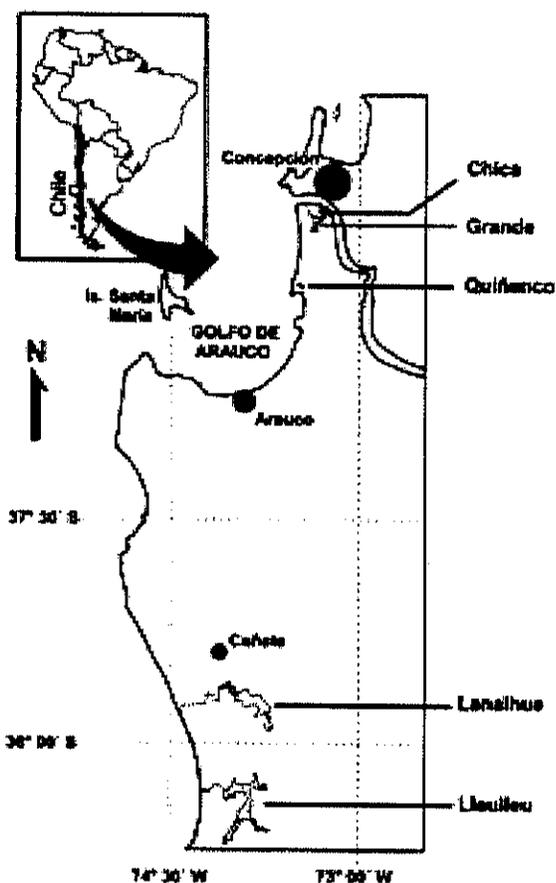


Figura 2. Localización de las lagunas Grande de San Pedro, Chica de San Pedro y Quiñenco, y de los lagos Lanalhue y Lleu-lleu. Geographic location of the lagoons Grande de San Pedro, Chica de San Pedro y Quiñenco, and the Lanalhue y Lleu-lleu lakes.

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 paleopalinoología (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 prehispanicas 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 prehispanicas). Los sedimentos inferiores fueron datados con ^{14}C , para corroborar su condición prehispanica. 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 Lanahue 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 periodos 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

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 mediana-mente 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

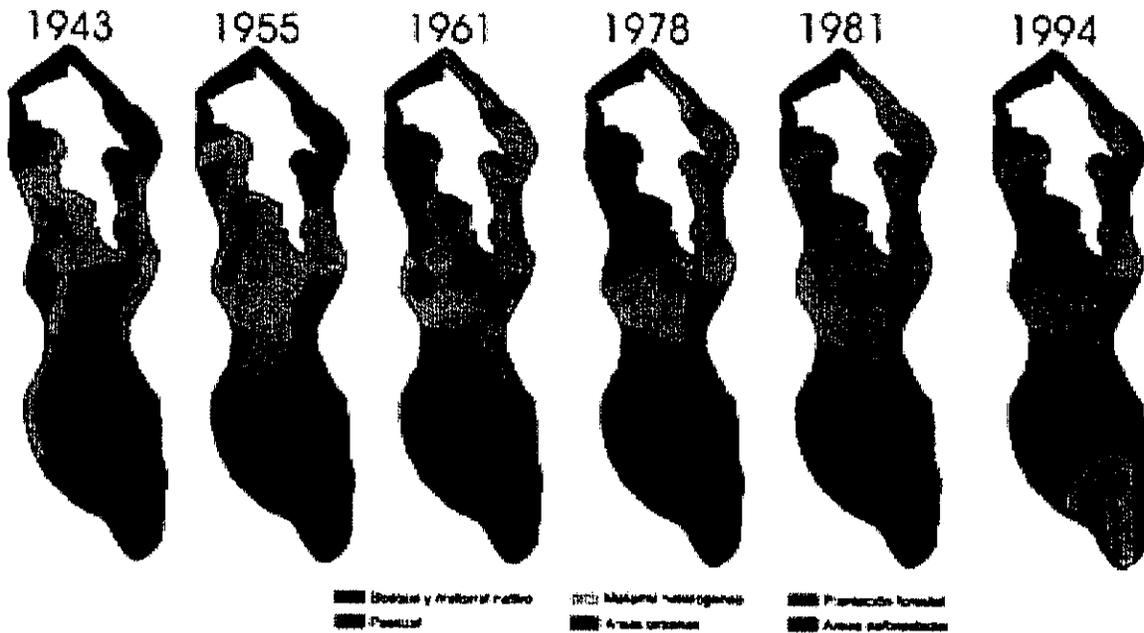


Figura 4. Evolución del uso del suelo en Laguna Chica de San Pedro. *Soil use evolution in Laguna Chica de San Pedro.*

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

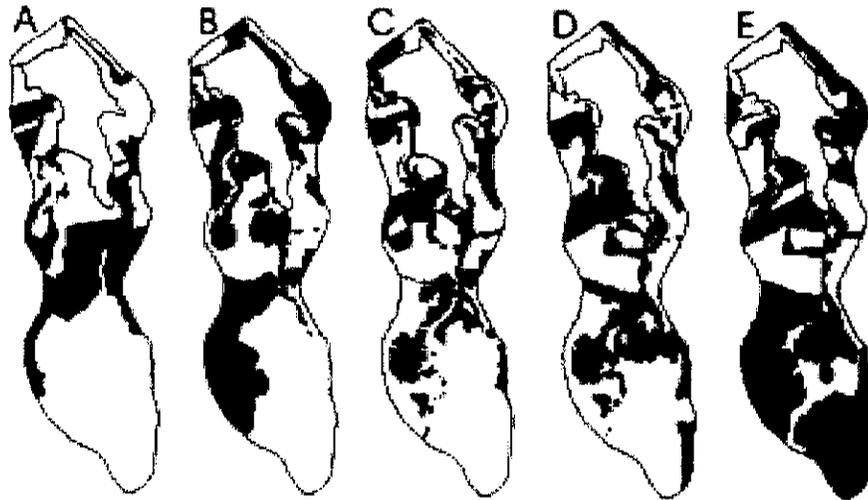


Figura 5. Evolución del Cambio Total durante los intervalos temporales estudiados (A= 1943-1955; B= 1955-1961; C= 1961-1978; D= 1978-1981; E= 1981-1994). Total change evolution during the studied temporal intervals (A= 1943-1955; B= 1955-1961; C= 1961-1978; D= 1978-1981; E= 1981-1994).

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 & Tomacic, 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.*

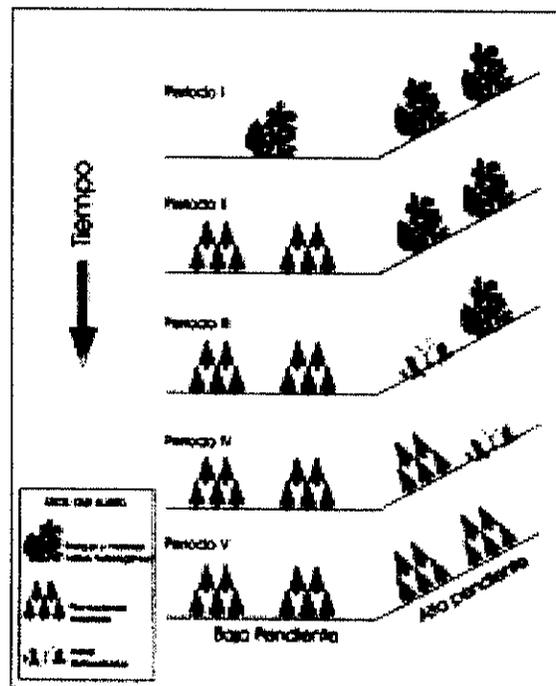


Figura 7. Modelo conceptual del proceso de cambio de uso del suelo para la cordillera de Nahuelbuta (Cisternas *et al.*, 1999 b). *Conceptual model of the soil use change process for the Nahuelbuta range (Cisternas *et al.*, 1999 b)*

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-

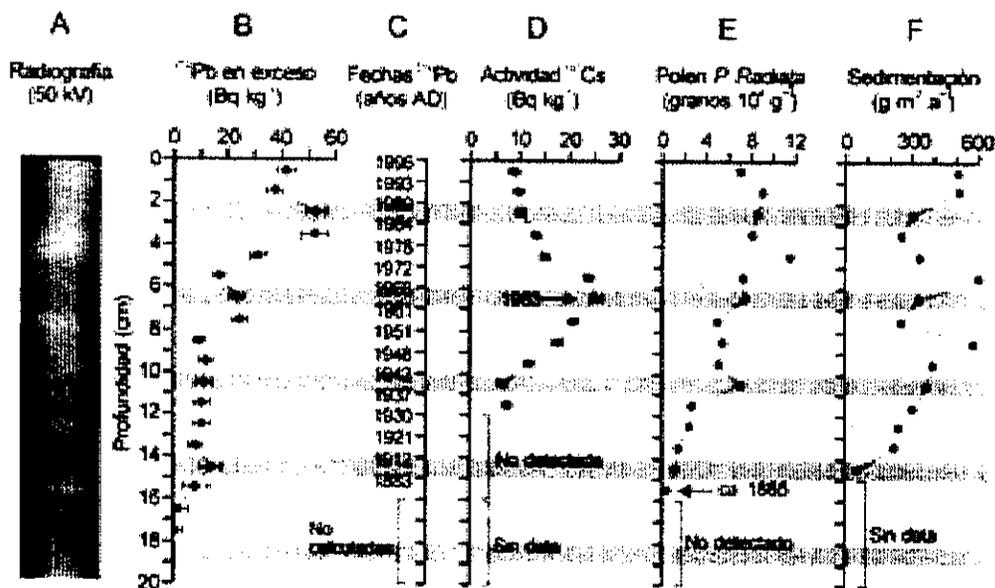


Figura 8. Radiografía (A), actividad de ^{210}Pb en exceso (B), modelo cronológico (C), actividad de ^{137}Cs (D), concentración de polen de *P. radiata* (E), tasas de sedimentación (F) del registro sedimentario de Laguna Chica (Cisternas *et al.*, 2001). X-Ray (A), activity of ^{210}Pb in excess (B),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

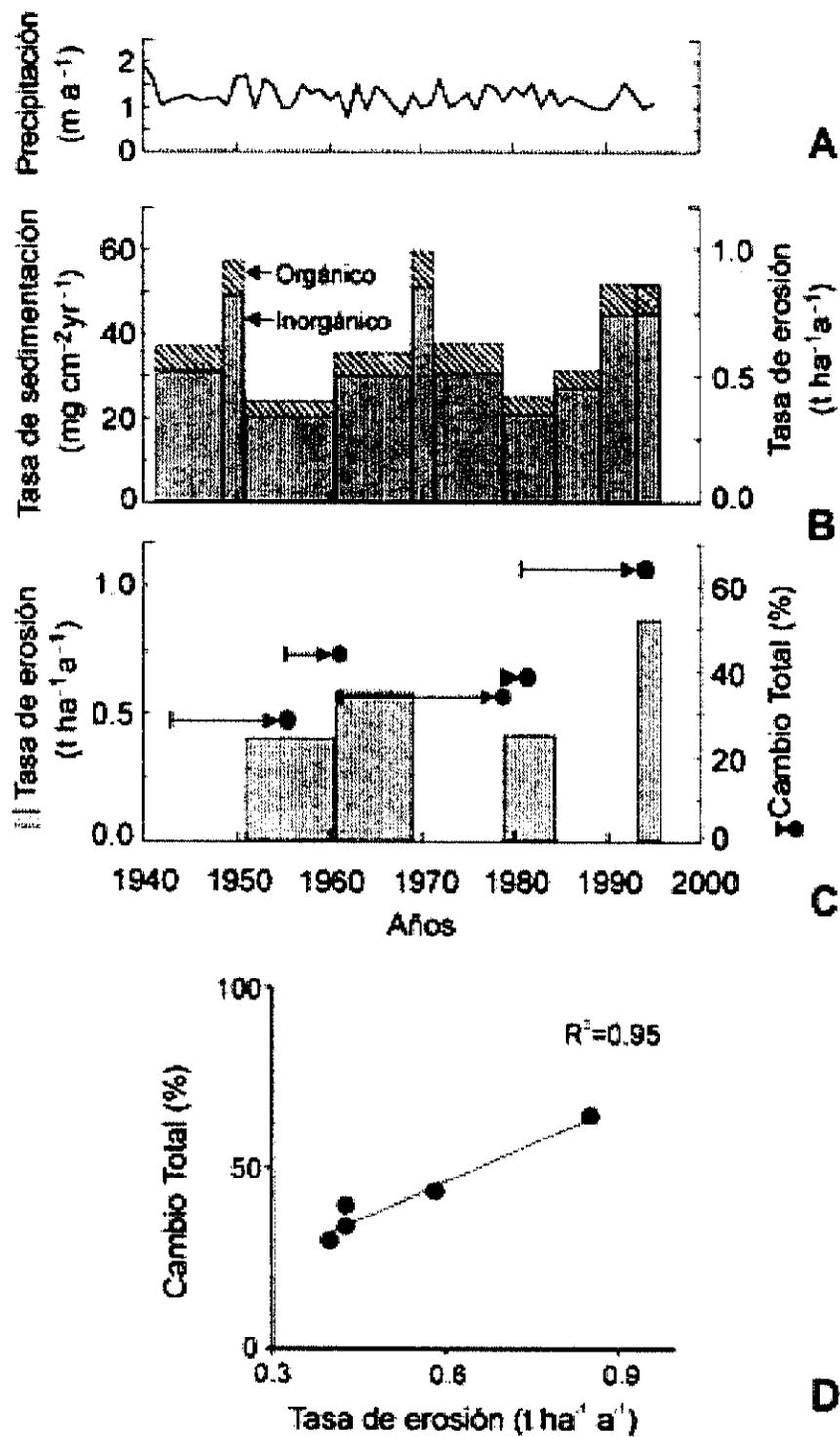


Figura 9. Registro de precipitación (A), tasa de sedimentación y tasa de erosión (B), relación entre Cambio Total y tasas de erosión (C) y correlación entre Cambio Total y erosión (D). *Rainfall record (A), sedimentation and erosion rates (B), relationship between Total Change and erosion rates (C),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

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 (Newrka & 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 profunda. En la zona litoral se muestreó manualmente empleando cuadrantes de 0.1 m^2 . Las muestras de la parte profunda 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 rojizo-castaño, interstratificados con depósitos de ladera (Endlicher & Mäckel, 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 Sapo). 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 solevantamientos 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 solevantamientos 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. - *Cryptocarya 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 vegetal). En las quebradas más profundas de las cuencas del sistema se observan restos de vegetación nativa como especies de "Olivillo" (*Aextoxicum punctatum*), "Peumo"

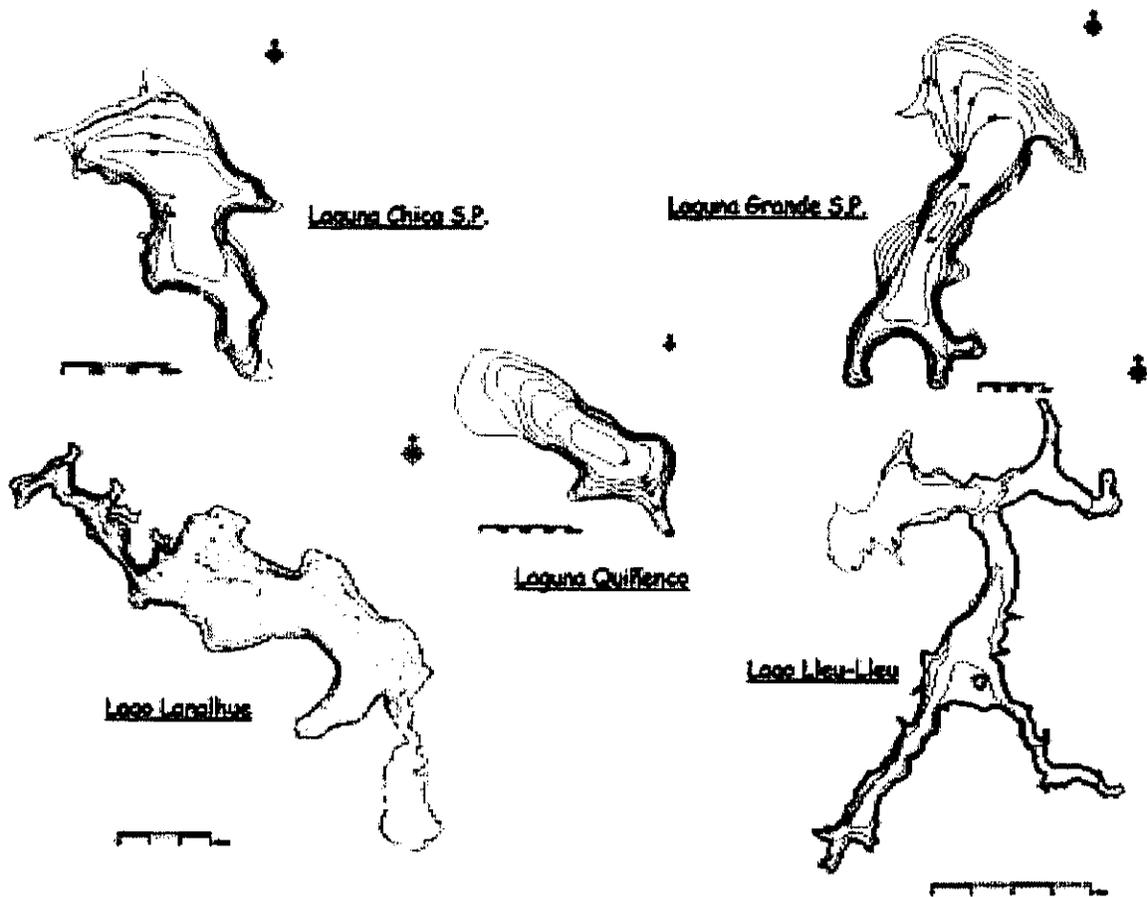


Figura 3. Batimetría de los cuerpos de agua. *Bathymetry of the water bodies.*

(*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 quemas), 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, quemas, 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

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

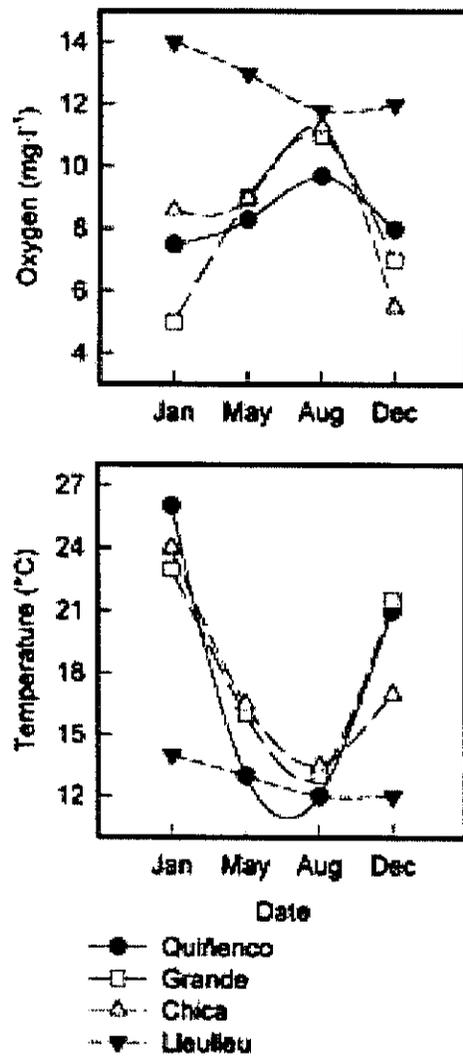


Figura 10. Variaciones anuales en las concentraciones de oxígeno ($\text{mg O}_2\cdot\text{l}^{-1}$) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las aguas de fondo de los lagos Grande de San Pedro, Chica de San Pedro, Quiñenco y Lleulleu. Annual variations in the oxygen concentrations ($\text{mg O}_2\cdot\text{l}^{-1}$)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

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 fondos 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-

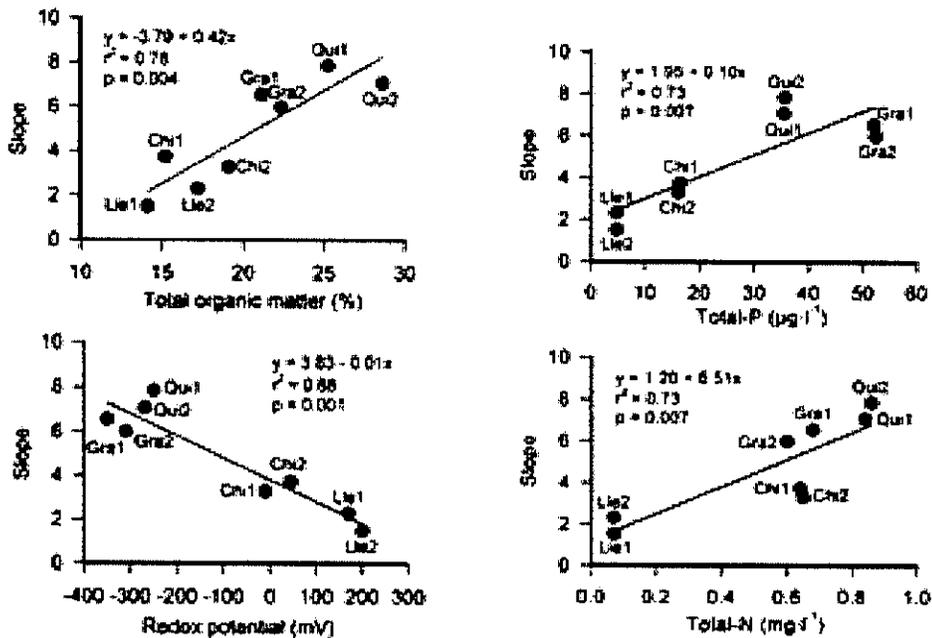


Figura 11. Relaciones entre las pendientes de las curvas de regresión de las tasas de consumo de oxígeno de cada core y las características de los sedimentos (material orgánica total y potencial redox) y de las aguas de fondo (fósforo y nitrógeno total). Chi= Chica, Gra= Grande, Qui= Quiñenco, Lle= Lleulleu, 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 ($^{\circ}\text{C}$) 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 $8 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ en la columna de agua de los cores estudiados, las tasas de consumo de oxígeno fueron: Quiñenco $51.2 - 56.0 \text{ mg O}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ (eutrófico), Grande $41.2 - 46.4 \text{ mg O}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ (mesotrófico), Chica $23.2 - 18.1 \text{ mg O}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ (mesotrófico), y

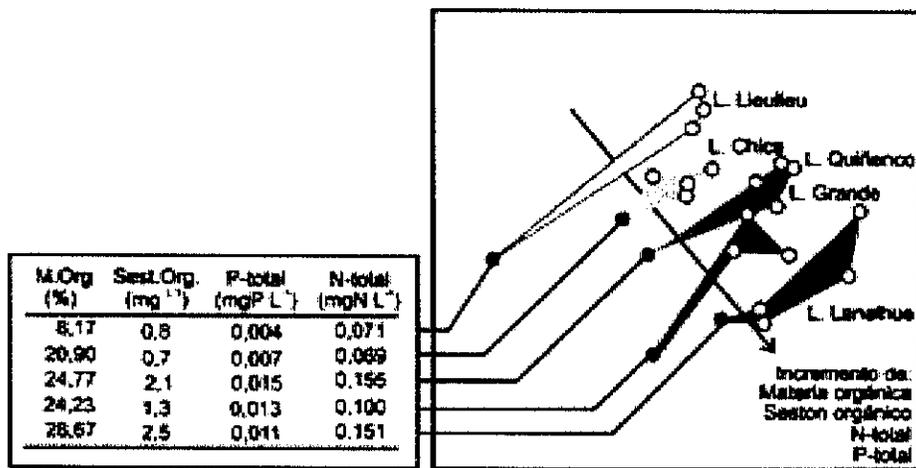


Figura 12. Ordenación de lagos en función de la biota bentónica y nivel de trofia. Lakes arrangement as a function of the benthic biota and trophic state.

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

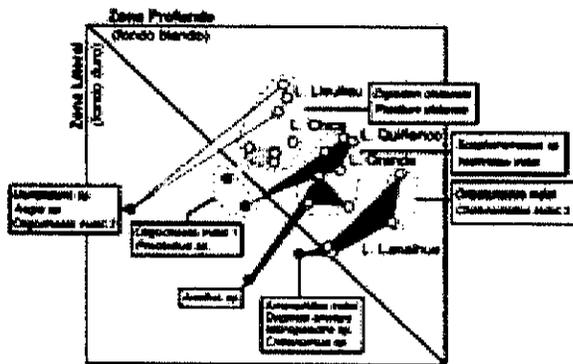
sedimento (pendiente= $-3.79 + 0.42 \cdot MO$, $r^2 = 0.78$, $p < 0.05$), con el potencial redox (pendiente= $3.83 - 0.01 \cdot Eh$, $r^2 = 0.88$, $p < 0.05$), con el fósforo total de las aguas de fondo (pendiente= $1.95 + 0.10 \cdot P$, $r^2 = 0.73$, $p < 0.05$), y con el nitrógeno total de las aguas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

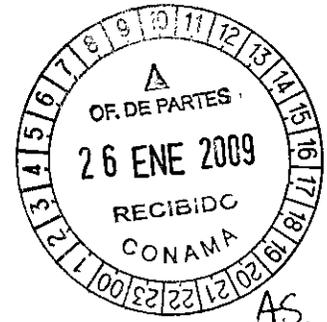
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1980. *Standard methods for the examination of water and waste-water*, New York.
- APPLEBY, P.G., V. J. JONES & J. C. ELLIS-EVANS. 1995. Radiometric dating of lake sediments from Signy Island. *Journal of Paleolimnology*, 13 :179-191.
- BARRIENTOS, C. 1990. *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. PÁRRA. & 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 prehispánicas 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.
- PROCHELLE, 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.

Santiago, 22 de enero de 2009.

Sr. Alvaro Sapag
Director Ejecutivo
Comisión Nacional del Medio Ambiente
Presente



De nuestra consideración:

Fundación Terram es una organización que se ha caracterizado por participar de las distintas instancias convocadas por el gobierno para la elaboración de políticas, planes y normas.

Sin embargo, en esta ocasión a través de la presente solicitamos dejar de ser parte del Comité Ampliado para el proceso de modificación del DS 90. Nuestros aportes en este tema en particular los haremos en el período de consulta pública y a nivel del Consejo Consultivo Nacional de la Conama del cual soy parte en mi calidad de directora ejecutiva de Terram.

Sin otro particular se despide cordialmente de ud.,



Flavia Liberona C.
Directora Ejecutiva
Fundación Terram



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

Enviado por : SISS- Nancy Cepeda
e-mail : ncepeda@siss.gob.cl
Fecha : Lunes, 26 de enero 2009
Hora : 12:30 hrs

DOCUMENTOS ANEXOS

N°	DOCUMENTO
1	Observaciones borrador 4 de la norma

**Borrador anteproy. DS90/ 31.12.08
Observaciones SISS**

1. Pto 2. Disposiciones Generales

Se propone mejorar la redacción de este punto, explicitando de la forma lo más clara posible el ámbito de aplicación de la norma y las situaciones en que no se aplicará; se sugiere:

“La presente norma de emisión establece valores máximos y mínimos de contaminantes permitidos para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile.

La presente norma no será aplicables a:

- las descargas de fuentes emisoras móviles o difusas
- las descargas de sistemas de evacuación y drenajes de aguas lluvias
- las descargas de vertederos de tormenta de sistemas de tratamiento y de recolección de aguas servidas, en los eventos en que se incorpore aguas lluvias que excedan su capacidad máxima de diseño
- las descargas generadas por situaciones de contingencia no previstas en el SEIA (RCA)
- agregar lo que corresponda con relación a las aguas de contacto de sectores minero y similares, cuya definición legal está pendiente “

2. Falta punto 3.3 con definición Cuerpo de Agua Receptor

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.

Las descargas a cursos o volúmenes de agua artificiales deben contar con la autorización de los propietarios para que ser considerados como Cuerpo de agua Receptor.

3. Punto 3.5. Definición de Fuente Emisora

- i) Al final del primer párrafo, donde dice “en la siguiente tabla”, se propone cambiar por “en las siguientes tablas”, ya que son dos tablas

- ii) Traspasar a esta definición los puntos 4.1.3 y 4.1.4, como segundo y tercer párrafo:
- "(4.1.3.) Con el propósito de lograr una efectiva reducción de los contaminantes de la FE, 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 considerará aguas ajenas al proceso industrial las aguas servidas provenientes de la fuente emisora"
 - "(4.1.4.) La caracterización de los residuos líquidos de una FE, debe realizarse antes de someterlos a cualquier sistema de tratamiento"

iii) Para la notas a agregar, se propone ordenamiento:

"Para efectos de la calificación de fuente emisora se considerará:

- La suma de las descargas de aguas residuales que genere un establecimiento
- Sólo los parámetros que corresponda al cuerpo receptor que recibirá la descarga
- Los artefactos navales que permanecen fijos y descarguen residuos líquidos al mar, por procesos industriales o lavado de sistemas de cultivo

4. Pto. 4. Consideraciones generales

- i) En punto 4.1.7, eliminar "y si dicha captación se realiza en el mismo cuerpo de agua donde se realiza la descarga"
- ii) Respecto al punto 4.1.8, es del caso tener presente que su objetivo es resguardar que en los servicios de alcantarillado que atienden pequeñas poblaciones (que se ha estimado en 30.000 habitantes), los usuarios domésticos no sean perjudicados en sus costos de tratamiento por la existencia de descargas de riles que están obligados a recibir y, aún cumpliendo el DS 609, pueden afectar la calidad de las aguas servidas e impliquen un mayor grado de tratamiento.

El DS 609, regula menos parámetros que el DS90, y algunos están expresados en distinta forma y/o establece valores de concentraciones máximas de descarga más permisivos que el DS 90.

De acuerdo a lo anterior y en atención a que la Tabla de Fuente emisora no incluye las concentraciones, se propone adaptación de redacción del punto 4.1.8, manteniendo el objetivo original:

"Los establecimientos de servicios sanitarios, que atiendan una población menor o igual a 30.000 habitantes y que reciban descargas de residuos 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."

iii) Si se incluye el punto 4.1.9, que corresponde al ámbito de aplicación de la norma, debería trasladarse al punto 2. Disposiciones Generales

5. Pto 4.2. Límites máximos descargas a aguas fluviales

- i) Verificar valores límite propuestos en Tabla 1, para Boro de 0.75 mg/L y DBO5 carbonácea de 35 mg/L
- ii) En Tabla 2. considerar DBO5 total en vez de carbonácea con el valor de 300 mg/L

6. Punto 4.3. Límites máximos descargas a lagos

- i) Para este punto está pendiente la proposición DGA y definición, respecto a afluentes a lagos
- ii) En Tabla 3. verificar valor límite propuesto para DBO5 carbonácea de 35 mg/L

7. Pto. 4.4. Límites máximos descargas al mar

En Tabla 4. verificar valor límite propuesto para DBO5 carbonácea de 60 mg/L y si debe ser carbonácea o total

Santiago, 23 enero 2009

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

Enviado por : SERNAPESCA- Cristian Andaur
e-mail : candaur@sernapesca.cl
Fecha : Lunes, 26 de enero 2009
Hora : 15:55 hrs

DOCUMENTOS ANEXOS

N°	DOCUMENTO
1	Tabla resumen de diferentes estudios, señalando la termotolerancia en organismos marinos.

TABLA RESUMEN DE DIFERENTES ESTUDIOS SEÑALANDO LA TERMO TOLERANCIA EN ORGANISMOS MARINOS.
CAA Sempasca Viernes, 23 de Enero de 2009

Publicación	Descripción del estudio	termo tolerancia
Martínez-Arroyo, S. Abundes, M. E. González & I. Rosas. 2000. On the Influence of Hot-Water Discharges on Phytoplankton Communities from a Coastal Zone of the Gulf of Mexico. Water, Air, & Soil Pollution. Volume 119, Numbers 1-4.	Microalgas de la costa de Veracruz, Golfo de México afectada por la planta Termoeléctrica "Adolfo López Mateos".	Sugiere que las microalgas expuestas a temperaturas mayores a los 30°C disminuyen en forma significativa su tasa de fotosíntesis. Ello afecta la productividad primaria y toda la cadena alimenticia.
Jones, R.S., Randall, R.H., Wilder, M.J. 1976. Biological impact caused by changes on a tropical reef. Final report. Technical Report. Guam Univ., Agana. Marine Lab.	Un estudio biológico se lleva a cabo sobre una franja de arrecifes de coral junto a una planta de energía termoeléctrica en Guam antes y después de la liberación de la pluma térmica.	El estudio muestra que después de la acción del efluente el arrecife fue invadido por la estrella de mar <i>Acanthaster planci</i> (L.) Experimentos de simulación térmica, realizado en una serie de arrecifes de corales en el laboratorio, indican los límites de tolerancia superior entre 30 y 33°C. Estas temperaturas son comunes en el arrecife adyacente al margen de la central. La elevación de la temperatura al rango Subletal reduce la tasa de crecimiento en algunas de las especies de coral.
K. Suresh, M. S. Ahamed, G. Durairaj and K. V. K. Nair. 1993. Impact of power plant heated effluent on the abundance of sedentary organisms, off Kaipakkam, East coast of India. Hydrobiologia. Volume 268, Number 2.	Se midió el impacto de los efluentes térmicos del condensador de desagüe de la central nuclear de Madrás, sobre la flora y fauna asentadas en apilamientos de hierro presentes en la zona de descarga.	A temperaturas que oscilan entre 27,2 a 31,0 ° C, las comunidades sedentarias se componían de algas epifitas, anémonas de mar, gusanos tubícolas, poliquetos, cangrejos, anfipodos, mejillones y ascidias. Durante enero-febrero, la temperatura ambiente varió entre 37,0 a 37,6 ° C. Como resultado de esto casi todos la macrofauna y la flora murieron, a excepción de los <i>Cthamalus</i> . La elevación de 1° fue de 7.6 grados sobre la temperatura conocida de máxima tolerancia.
Jackson L. Fox, Michael S. Moyer 1973. Some Effects of a Power Plant on Marine Microbiota. Chesapeake Science, Vol. 14, No. 1 (Mar., 1973), pp. 1-10	Se usaron varios métodos analíticos, incluida la productividad primaria, clorofila alfa, ATP de bacterias, y el total de sólidos disueltos, temperatura y oxígeno disuelto para evaluar los efectos directos e indirectos de la planta de energía de refrigeración de agua marina en la microbiota	Los resultados mostraron que el aumento de la temperatura del agua tiene efectos ciertos sobre los organismos marinos presentes. Los efectos son más pronunciados inmediatamente después de la exposición, así mismo, su gravedad parece ser proporcional a la temperatura. La productividad primaria se redujo un promedio de 25,9%. La <i>Chlorofila</i> alta mostró grandes fluctuaciones. Los resultados mostraron que algunos organismos, como el fitoplancton, mueren o al menos se obstaculiza su capacidad de asimilar el carbono, mientras que otros organismos, como las bacterias, sobreviven el paso de tubos de condensador y puede incluso aumentar en número. El delta de temperatura del condensador tiene un máximo de 6.1°C.

<p>Mónica Susana Hoffmeyer, Florencia Biancalana, Anabella Berasategui. 2005. Impact of a power plant cooling system on copepod and meroplankton survival (Bahía Blanca estuary, Argentina). Iheringia, Sér. Zool. vol.95 no.3 Porto Alegre.</p>	<p>El principal objetivo de este estudio es entender la los límites térmicos superiores y temperatura crítica en copépodos de la costa cercanas a una plantas de energía. Se diseñaron experimentos de laboratorio para evaluar el límite superior de la temperatura letal incipiente y T° crítica máxima para ocho especies de copépodos</p>	<p>La temperatura letal incipiente superior de tolerancia en 48 horas para copépodos aclimatados en 16,0, 20,0, 28,0 ° C fue de 26.4-29.1, 27.3-30.1, 32.9-36.9 ° C, respectivamente. Y la T° crítica máxima para ejemplares aclimatados a 28,0 ° C fue 35.80-41.03 ° C</p>
<p>Milan Keser, John T. Swenarton and James F. Foertch. 2005. Effects of thermal input and climate change on growth of <i>Ascophyllum nodosum</i> (Fucales, Phaeophyceae) in eastern Long Island Sound (USA). Journal of Sea Research, Volume 54, Issue 3: 211-220.</p>	<p>El Crecimiento de <i>ascophyllum nodosum</i> (L.) se monitoreo mensualmente deste 1979 a 2002 en cuatro localidades en el este de Long Island, cerca de la central eléctrica de Millstone (MPS), Waterford, Connecticut, EE.UU.. En los dos sitios no afectados por la MPS térmica de alta, las estimaciones de crecimiento anual se correlacionó positivamente con la media anual de temperaturas ambiente de agua de mar, que se incrementó en aproximadamente 1 ° C el periodo de estudio</p>	<p>En la pluma de la planta un mayor crecimiento se observo hasta la temperatura de 25 ° C. A más de 25 ° C, las tasas de crecimiento disminuyeron rápidamente, y la mortalidad se observó cuando las temperaturas superaron 27-28 ° C. En la actualidad, la temperatura natural máxima del agua de mar en el este de Long Island llega a los 22-23° C.</p>

18° Reunión Comité Operativo
“Proceso de Revisión DS 90”

Fecha : Martes, 27 de enero 2009
Lugar : CONAMA Central, Teatinos N°258, Piso 4, Santiago
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

DOCUMENTOS DE REUNIÓN

N°	CONTENIDO
1	Tabla de Reunión
2	Acta de reunión aprobada
3	Lista de asistencia

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

18° Reunión Comité Operativo
“Proceso de Revisión DS 90”

Fecha : Martes, 27 de enero 2009
Lugar : CONAMA Central, Piso 4
Hora : 10:30 a 13:00 hrs

TABLA DE REUNIÓN

HORA	CONTENIDO	RESPONSABLE
10:30	Bienvenida	Claudia Galleguillos CONAMA
10:40	Lectura de actas anteriores y atrasadas	Claudia Galleguillos CONAMA
10:50	Artefacto naval para pequeñas empresas que no tienen procesos contaminantes	Claudia Galleguillos CONAMA
11:30	Presentación propuesta final parámetros aceites y grasas, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos en tabla 5	Claudia Galleguillos CONAMA
12:00	Otros Parámetros: Temperatura y Boro	Claudia Galleguillos CONAMA
12:30	Revisión borrador 4 de la norma	Claudia Galleguillos CONAMA
13:00	Acuerdos y cierre	Claudia Galleguillos CONAMA

ACTA REUNIÓN
18° REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO
PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00

002186

Tema: COMITÉ OPERATIVO, PROCESO DE REVISIÓN DS 90/00**Fecha:** 27 de enero 2009**Lugar:** CONAMA CENTRAL, SALON DE REUNIONES 4° PISO**Horario:** 10:30 hrs a las 13:00 hrs.

LISTA DE ASISTENCIA		
NOMBRE	INSTITUCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO
Ricardo Serrano	RRNN CONAMA	rserrano@conama.cl
Nancy Cepeda R.	SISS	ncepeda@siss.cl
Rossana Brantes	COCHILCO	rbrantes@cochilco.cl
Cristian Andaur	SERNAPESCA	candaur@sernapesca.cl
Jacobo Homsí A.	Kristal	jhomsí@kristal.cl
Carolina Gómez	Comisión Nac. De Energía	cgomez@cne.cl
Pablo Lagos	SUBPESCA	plagos@subpesca.cl
Olga Espinoza	SAG	olga.espinoza@sag.gob.cl
Claudia Galleguillos C.	HIDRICA CONAMA	cgallequillos@conama.cl
Mariela Arévalo	HIDRICA CONAMA	marevalo@conama.cl

INASISTENTES	
INSTITUCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO
ODEPA	taguero@odepa.gob.cl
Ministerio de Economía	jladrondeguevara@economia.cl
MINSAL	pedro.riveros@minsal.cl
DGA	fernando.aguirre@mop.gov.cl
DIRECTEMAR	nvillarroelr@directemar.cl
CENMA	pmatus@cenma.cl
EVYSA CONAMA	crivera@conama.cl
Comisión Nacional de Riego	pparra@riegocnr.gov.cl

TABLA DE LA REUNION:

- Bienvenida
- Lectura de actas anteriores y atrasadas
- Artefacto naval para pequeñas empresas que no tienen procesos contaminantes.
- Presentación propuesta final parámetros aceites y grasas, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos en Tabla 5.
- Otros parámetros: Temperatura y Boro.
- Revisión borrador 4.

TEMAS TRATADOS:**1.- Lecturas de actas anteriores:****1.1- DBO5**

- CONAMA: Explica al Comité Operativo que el Comité Ampliado solicitó el cambio de DBO5 a DBO5 carbonacea en las tablas de emisión correspondientes, manteniendo el valor en cada caso. Sin embargo, la SISS observa que debe revisarse el valor asignado a este parámetro al realizar el cambio solicitado, pero no hay antecedentes que permitan tomar una decisión adecuada. CONAMA solicita mayores antecedentes al Comité Operativo.

FECHA PRÓXIMA REUNIÓN COMITÉ OPERATIVO:
MARTES 10 DE FEBRERO 2009, ENTRE LAS 10:30 A 13:00 HRS

- SISS: Informa que se ha enviado oficio a las plantas de lodos activados para solicitar mayores antecedentes de DBO5 total y carbonacea, pero sólo se tendrán resultados en el mes de junio, ya que se deben analizar las tendencias. Los resultados pueden ser diversos, ya que dependerán del tiempo de retención del lodo en cada planta.
- HOMSI: Menciona que se debe ajustar el método de DBO5 en la NCh, la cual presenta problemas con la inhibición, ya que este método mide carbonacea y no total.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Las tablas de emisión mantendrán la DBO5 (total) con los valores actualmente vigentes para presentar el Anteproyecto de Norma en el mes de junio. Posteriormente, en la etapa de consulta pública, se evaluarán los resultados de la información que está solicitando la SISS a las sanitarias, cuyos resultados servirán para analizar su incorporación con los valores que corresponden a la DBO carbonacea.

1.2 Establecimientos población menor o igual a 30.000 hab.

- CONAMA: Menciona que el Comité Operativo debe resolver respecto a la modificación de este párrafo, el cual ha recibido observaciones del Comité Ampliado.
- SISS: Indica que envió propuesta con precisiones en la redacción de este párrafo, en las observaciones del borrador 3 y borrador 4.
- CONAMA: Recuerda que se debe analizar el posible cambio de la tabla de FE, vinculado al párrafo en cuestión.
- SISS: Menciona que en el Informe de gestión 2007 de la SISS, entrega como resultado que el promedio en el país es de 190 lt/hb/día, calculado bajo consumo neto, con el total de m³ consumidos en el país, por el total de la población. SISS se compromete a enviar este informe con la información estadística respectiva y el fundamento al respecto. Asimismo, SISS menciona que, en caso de revisar la tabla FE, se debieran revisar todos los parámetros.
- CONAMA: Solicita a Jacobo Homsí ver la posibilidad de presentar un presupuesto (tiempo y recursos financieros) para reevaluar la tabla FE .
- SISS: Menciona que se requerirán unos 3 años de estudio, donde se deberá sacar igual un promedio nacional.
- RRNN: Indica que se está cayendo en una contradicción, ya que el fundamento entregado por el tema de la DBO se contradice con el fundamento presentado para modificar los valores de P Total y NTK, por lo tanto, el argumento de la dotación no es adecuado.
- SISS: Explica que el análisis respecto a la DBO es distinto al de los nutrientes, ya que estos últimos nunca se estimaron reducir en la norma.
- ACUERDO COMITE OPERATIVO: Se esperarán mayores antecedentes a presentar por la SISS (Plan de Gestión 2007) y J. Homsí (presentar propuesta para estudio de evaluación en cambio tabla FE, del punto de vista financiero y tiempo requerido), para tomar una decisión respecto al tema. Los antecedentes se deberán presentarse en el mes de marzo.

1.3 Zona de Protección Litoral:

- CONAMA: Informa de los antecedentes encontrados respecto a este tema, en el expediente de la norma vigente. Se comenta que el 30.01.09 se sostendrá una reunión con la DIRECTEMAR respecto a este tema.

2.- Artefacto Naval:

- CONAMA: Comenta que SERNAPESCA junto a SUBPESCA enviaron un párrafo a incluir en la norma, para tratar de buscar alternativas de solución al problema presentado por APOOCH, donde usan agua de mar en sus balsas, para mantener con vida las especies hidrobiológicas, las cuales no son sometidas a procesos de contaminación. El párrafo propuesto es "Para la calificación de Fuente Emisora, también se considerarán los artefactos navales que permanecen fijos y descarguen residuos líquidos al mar, por procesos industriales o lavado de sistemas de cultivo. *Sera facultad de la Autoridad marítima el establecer la metodología de caracterización de los efluentes de artefactos navales fijos UTILIZADOS EN ACUICULTURA, de manera de determinar la obligatoriedad o no del cumplimiento del presente decreto*".
- SUBPESCA: Menciona que se especifica el tema acuícola, ya que si se deja abierto este párrafo a la DIRECTEMAR, serán muchos los que tratarán de sobrellevar el DS 90.
- SAG: Menciona que no se justifica el párrafo presentado, ya que igual APOOCH tendrá que caracterizar las aguas.
- SISS: Indica que es la DIRECTEMAR quién debiera establecer un procedimiento interno para este tipo de caracterizaciones.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: No se puede tener esta discusión sin la presencia de DIRECTEMAR. Se conversará el viernes 30.01.09 este tema en reunión CONAMA-DIRECTEMAR.

3.- Parámetros al 10° año de vigencia en Tabla 5:

- CONAMA: Menciona que se conversó con jurídica respecto a las observaciones, principalmente del sector pesquero, que han tenido sobre este tema y se presenta la siguiente propuesta al Comité Operativo: Los valores estipulados para activar al 10° año de vigencia de la norma, en los parámetros aceites y grasas, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables, pasarán a ser los valores exigidos por la norma. Con esto se evitará que nuevas empresas continúen ingresando con los valores actualmente vigentes. Asimismo, se les dará un plazo de 5 años adicionales a las empresas antiguas (criterio de gradualidad), para adaptar sus tecnologías al cumplimiento de los nuevos valores. Esto, debido a lo expresado por los privados en sesión del Comité Ampliado del mes de diciembre, donde mencionan que sólo llevan dos años aplicando la norma (desde el 2006).
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Consideran apropiada la propuesta y se aprueba.

4.- Boro:

- CONAMA: Informa al SAG que pronto enviará una consulta respecto a los efectos del boro en la agricultura.
- SAG: Menciona que en este caso se utiliza la norma de riego, por lo tanto, el nivel del ril va ir en función de la capacidad de dilución del mismo. Esa es la referencia técnica.

5.- Temperatura:

- HIDRICA CONAMA: Menciona que SERNAPESCA envió algunos antecedentes respecto

a los efectos que puede tener la temperatura en los ecosistemas.

- SERNAPESCA: Indica que no tuvo muy buenos resultados respecto a estudios disponibles. La gran conclusión es la siguiente: la pluma que genera una descarga con diferencia de temperatura respecto al cuerpo basal receptor, si tiene efectos comprobados en los organismos vivos, especialmente en la capacidad de fotosíntesis de las algas que son la base de la cadena trófica. Los rangos de tolerancia de las especies bases son: +3°C afecta el crecimiento; +5°C afecta la reproducción y +7°C produce muerte de los organismos. Se sabe que la temperatura produce grandes cambios en los ecosistemas, sin embargo, falta afinar detalles al respecto. No se tiene conocimiento de estudios de termotolerancia respecto a organismos marinos.
- SUBPESCA: Menciona que existen impactos reconocidos a macro escala con el evento del niño, el cual aumenta en sólo 2°C la temperatura del agua y altera significativamente el reclutamiento. Se desconoce la sinergia que generan la aglomeración de termoeléctricas en un cuerpo de agua.
- C.N. Energía: Menciona que se está desarrollando un estudio para conocer el efecto de la temperatura en el cuerpo receptor.
- SERNAPESCA: Indica que la única forma que no suceda nada en el ecosistema, es que el diferencial de temperatura sea 0. De 6°C a 7°C grados son críticos.
- HIDRICA CONAMA: Solicita a la Comisión Nacional de Energía estimar los costos para abatir temperatura en las termoeléctricas.
- ACUERDO COMITÉ OPERATIVO: Se continuará recopilando información respecto al tema de temperatura, para poder evaluar y tomar decisiones en reuniones del mes de marzo 2009.

OTROS:

COMPROMISOS ADOPTADOS:

- SISS: se compromete a enviar informe de gestión 2007.
- SISS: deberá revisar y presentar mayores argumentos coherentes para los parámetros DBO y Nutrientes.
- J. HOMSI: presentará un presupuesto estimativo de estudio requerido para análisis de la tabla FE, incluyendo costos y tiempo.
- CONAMA: consultará con jurídica la forma de incluir seguimiento en el DS.
- CONAMA enviará consulta a SAG por BORO
- C.N. Energía: Se compromete averiguar los costos para abatir temperatura a nivel basal. Enviará este análisis el 2 de marzo 2009 y será presentado en reunión del 10 de marzo 2009.
- SERNAPESCA: Completará antecedentes de impacto de temperatura en ecosistemas marinos, para el 2 de marzo 2009 y será presentado en reunión del 10 de marzo 2009.
- CONAMA: Entregará a la SISS presentación de DIRECTEMAR respecto a la ZPL.



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 OPERATIVO. PROCESO DE REVISIÓN DS 90

Fecha: MARTES 27 DE ENERO 2009

Hora inicio: 10:30 hrs

Lugar: SALÓN CONAMA, PISO 4

Hora Fin: 13:00 hrs

N°	Nombre	Institución	Teléfono/Fax	e. mail	Firma
1	Marcela Areval	Conama		marcelad@conama.cl	
2	PABLO LAGOS S.	SUBPESCA	32-2502742	PLAGOS@SUBPESCA.CL	
3	CRISTIAN ANDAVAL	SEMAPEDA	32-2819779	CANDAVO@SEMAPEDA.CL	
4	Mary Cepedal	SISS	3824191	marycepede@sis.cl	
5	JACOBO HONSIK	KRISTAL	7320809	JHONSIK@KRISTAL.CL	
6	Olga Espinoza	SAB	845-1535	Olga Espinoza@SAB.cl	
7	RICARDO SEPRAVO	CONAMA	241-1825	RSEPRAVO@CONAMA.CL	
8	Candina Gómez	CNE	3656876	Cgomez@cne.cl	
9	Rosanna Brambila	Cochilco	3828251	Rorantes@cochilco.cl	
10	Claudia Gallejillos	CONAMA	2405706	cgallejillos@conama.cl	

602100

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

Enviado por : DGA- Fernando Aguirre
e-mail : fernando.aguirre@mop.gov.cl
Fecha : Martes, 27 de enero 2009
Hora : 17:18 hrs

DOCUMENTOS ANEXOS

N°	DOCUMENTO
1	Minuta técnica N°143. Criterios para la determinación de caudales Disponibles para la Dilución en Cuerpos Receptores Superficiales. Noviembre 2008

002192



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DEPTO. CONSERVACION Y PROT. REC. HIDRICOS

Minuta técnica N° 143/

**Criterios para la Determinación de Caudales
Disponibles para la Dilución en Cuerpos Receptores
Superficiales**

En el marco del DS N°90/2000 MINGESPRES, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.

Santiago, Noviembre de 2008

Criterios para la Determinación de Caudales Disponibles para La Dilución en Cuerpos Receptores Superficiales

En el marco del DS N°90/2000 MINGESPRES, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales

1.- INTRODUCCIÓN

La presente Minuta Técnica reemplaza a la Minuta Técnica DCPRH-DGA N°11 de Agosto de 2005, en lo que dice relación con la determinación de caudales disponibles para dilución.

La readecuación de la forma de determinar el caudal de dilución atiende al proceso de mejoramiento continuo que obliga a adecuar los procedimientos, a la luz de nuevos antecedentes y de la experiencia ganada con el tiempo.

La nueva forma de pronunciamiento del Servicio respecto de los valores de caudales de dilución, los cuales a partir de la aprobación de la presente Minuta técnica, corresponderá a valores con distribución mensuales, situación que será incorporada en las modificaciones del DS 90, que a la fecha de elaboración de la presente minuta se encuentra en proceso de revisión. Junto con ello, se debe hacer presente que la Superintendencia de Servicios Sanitarios, mediante su Ord. 2824 de fecha 10 de septiembre, manifiesta su conformidad respecto de la nueva forma de pronunciamiento.

Se hace necesario indicar que el asimilar el caudal de dilución con el caudal ecológico tiene por objetivo asegurar que el agua disponible para dilución se encuentre en el cauce receptor. Esto debido a que al momento de entregar un nuevo derecho de aprovechamiento o al momento de autorizar el traslado del ejercicio de derechos, la Dirección General de Aguas incorpora la condición de preservación de un caudal ecológico.

Se acepta, según el objetivo general del DS N°90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales, que los cuerpos receptores no verán dañada su calidad ambiental con la descarga de efluentes que cumplan con los límites máximos de emisión establecidos en el mencionado decreto, ello debido a que la restricción se expresa en concentraciones máximas de contaminantes (masa de contaminante por unidad de volumen de líquido).

2.- FUNDAMENTO LEGAL

Según queda establecido en el DS. 90/2000 MINGESPRES "Tasa de dilución del efluente vertido" se define como la razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades. Se define además, el "caudal disponible del cuerpo receptor" como la cantidad de agua disponible expresada en volumen por unidad de tiempo para determinar la capacidad de dilución de un cuerpo receptor, que será determinada por la Dirección General de Aguas.

El cálculo de la Tasa de dilución del efluente vertido es determinada por los Servicios con competencia en fiscalización de los efluentes, Superintendencia de Servicios Sanitarios o la Autoridad Sanitaria según cada competencia, correspondiendo sólo a la DGA la determinación del "caudal disponible del cuerpo receptor" o caudal de dilución.

3.- PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO

El interesado en conocer la capacidad de dilución de algún cauce del país deberá solicitar formalmente dicha información a la respectiva Dirección Regional de Aguas, señalando mediante coordenadas UTM el punto específico del cauce en donde se efectuará la descarga, emitiendo esta última una resolución indicando el caudal de dilución disponible, después de evaluar las componentes que afectan el recurso en la zona.

La delegación de funciones a los directores regionales de aguas quedó establecida en la Resolución DGA N°23 del 17.01.2002, rectificada por Resolución DGA N°580 del 21.06.2002.

El caudal disponible para dilución en un punto identificado con coordenadas UTM e informado mediante resolución por la respectiva dirección regional, estará disponible tanto para el solicitante que dio origen al análisis, como para cualquier otro solicitante futuro que desee descargar un efluente en el mismo punto (ver ejemplo N°1 en Anexo).

4.- CRITERIOS GENERALES

- i. Si la cuenca se encuentra agotada, no significa a priori que en algún punto de un tramo de río, no se disponga de un caudal permanente posible de definir como caudal ecológico y consecuentemente como caudal de dilución. Ya que, aún cuando el caudal que escurre en la sección de interés esté otorgado aguas abajo del punto de la futura descarga, la totalidad de éste, o una fracción, puede constituir un caudal ecológico y en consecuencia permitir el establecimiento de un caudal disponible para dilución.
- ii. Aquellas solicitudes relacionadas con la adquisición y ejercicio de derechos de aprovechamiento de aguas que se presenten actualmente a la Dirección General de Aguas, se analizan teniendo como criterio técnico general el balance entre el caudal disponible en la fuente y el recurso comprometido en ella, éste último considera los derechos de aguas constituidos, los usos a respetar y el caudal ecológico definido para el tramo del cauce, entre otros. Por todo lo anterior, las nuevas solicitudes de derechos de aprovechamiento, al incorporar el establecimiento de un caudal ecológico, permiten determinar directamente el caudal disponible para dilución, siempre y cuando este caudal ecológico se verifique, de acuerdo a lo establecido más adelante en la presente Minuta.
- iii. Al momento de establecer el caudal de dilución se debe recopilar la información existente y utilizarla, en especial los Estudios de disponibilidad realizados por el Servicio (aprobados por resolución del Director General de Aguas) y las Resoluciones de constitución de Derechos de Aprovechamientos con caudal ecológico establecido, lo anterior sobre la base que estos documentos representan la posición oficial de la Dirección General de Aguas.
- iv. El caudal de dilución se debe considerar nulo en las quebradas de régimen intermitente, debido a que existirían épocas del año que no se dispone de agua para producir la dilución requerida para la descarga de residuos líquidos.

5.- DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DISPONIBLE PARA DILUCIÓN

Zonas con caudal ecológico establecido.

Se denominará caudal ecológico teórico (nominal) a aquel que se encuentre establecido de acuerdo al Manual de Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, a través de estudios de la Dirección General de Agua aprobados por resolución del Director General de Aguas o Resoluciones de otorgamiento de derechos de aprovechamiento. Para la determinación del caudal de dilución se deberá proceder a la verificación del caudal ecológico teórico (nominal) mediante un balance hidrológico en la sección de análisis. Esta verificación debe realizarse a nivel mensual, considerando para ello los caudales medios mensuales con una probabilidad de excedencia de 85%, los derechos permanentes consuntivos, continuos y discontinuos, constituidos aguas arriba de la zona de interés (ver Nota) y los derechos no consuntivos constituidos aguas arriba de la sección que tengan su punto de restitución aguas abajo de la zona de interés.

Si como resultado del balance hidrológico realizado, el caudal ecológico teórico (nominal) se verifica todos los meses, vale decir siempre se encuentra disponible en el río, el caudal de dilución corresponderá a dicho caudal ecológico verificado.

Asimismo, si como resultado del balance hidrológico, el caudal ecológico teórico (nominal) no se verifica en algún mes, vale decir el caudal disponible es menor que el caudal ecológico teórico, el caudal de dilución corresponderá para ese mes en particular al porcentaje del caudal ecológico que si es verificado. En otras palabras, el caudal de dilución podrá variar durante el año teniendo variaciones mensuales de acuerdo al resultado del balance mes a mes. Adicionalmente, se deberá determinar que probabilidad de excedencia que tiene dicho caudal verificado (ver ejemplo N°2 en Anexo).

Nota: Cuando la estadística se encuentre en régimen observado, sólo serán descontados de los balances aquellos derechos concedidos o constituidos a contar de 1981 a la fecha, ya que dichos caudales no están siendo reflejados por las estadísticas utilizadas y deben ser respetados, en cambio todos los derechos concedidos con anterioridad al año 1981 se asumen que se encuentran en uso y estos usos están siendo reflejados por la estación fluviométrica utilizada (la estación registra los excedentes de los usos históricos).

Zonas sin caudal ecológico establecido.

En zonas donde no se haya establecido un caudal ecológico previamente, se realizará la determinación de éste, según se establece en el **Manual de Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos**, haciendo la distinción de cuencas con control fluviométrico y cuencas sin control fluviométrico.

Se debe señalar que como cuenca sin control fluviométrico se deben considerar aquellas subcuencas o subsubcuencas que además de no tener estación fluviométrica al interior de ella, no forman parte de una cuenca mayor que tenga control fluviométrico. En otras palabras, si la cuenca en análisis forma parte de un sistema con información de caudales, se debe considerar que es controlada y la información necesaria deberá ser analizada bajo esa perspectiva.

a) Cuencas con Control Fluviométrico

La determinación del caudal ecológico en cuencas con control fluviométrico, pasa por el conocimiento de las series de caudales medios mensuales, de tal forma de realizar los análisis de frecuencias respectivas y así determinarlo de acuerdo a lo establecido en el manual mencionado.

La generación de las series hidrológicas necesarias podrá realizarse de acuerdo a procedimientos hidrológicos habituales para estos efectos. Los cuales deberán ser apoyados con 3 aforos, de igual manera que se realiza para la constitución de derechos.

Una vez determinado el caudal ecológico se deberá proceder de acuerdo a lo establecido en el numeral 5.1. de la presente Minuta, vale decir se deberá verificar la existencia del caudal ecológico para determinar el caudal de dilución.

b) Cauces naturales en cuencas sin control fluviométrico entre las regiones III y IX, con áreas nivales entre 50 y 6000 Km².

En cuencas sin control fluviométrico deberá utilizarse la metodología establecida en el **Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica, DGA, Agosto 1995.**

Dicho Manual establece un método para determinar los caudales mínimos asociados a distintas probabilidades de excedencias, en cuencas sin información de tipo fluviométrica y que no presenten alteraciones, tales como embalses o extracciones, que afecten en forma significativa su régimen natural. El campo de validez del método propuesto corresponde geográficamente a las cuencas ubicadas entre las III y la IX Región, con áreas nivales entre 50 y 6000 Km².

Para el establecimiento del caudal de dilución se deberán construir las curvas $Q^{(p\%)}_1$ versus probabilidad de excedencia (p) con p igual a 20, 50, 80, 90 y 95%. Los valores de $Q^{(p\%)}_1$ se obtienen aplicando en Factor Regional (tabla 5.8 de dicho Manual) al $Q^{(p\%)}_{30}$, tanto en sus valores medios, máximos y mínimos.

Teniendo en cuenta la necesidad de disminuir la incertidumbre de los métodos indirectos, la Dirección Regional de Aguas solicitará un 1 aforo mensual, durante 3 meses del período de estiaje, para validar la estimación de caudales mínimos. Aforos que se graficarán en la curva $Q^{(p\%)}_1$ versus p para su validación.

Sobre la base de estos resultados, se establecerá que el caudal ecológico será igual a $Q^{(95\%)}_{30}$, mínimo, que corresponde a una de las definiciones de caudal ecológico entregadas en el Manual de Procedimientos de Administración de Recursos Hídricos.

Una vez determinado el caudal ecológico se deberá proceder de acuerdo a lo establecido en el numeral 5.1. de la presente Minuta, vale decir se deberá verificar la existencia del caudal ecológico para determinar el caudal de dilución.

Ver ejemplo N°3 en ANEXO.

c) Cauces naturales en cuencas sin control fluviométrico en las regiones I, II, XI, XII o cuencas con áreas nivales fuera del rango 50 y 6000 Km² ubicadas entre las regiones III a X.

En cuencas sin control fluviométrico ubicadas en las regiones I, II, X, XI, XII o bien cuencas con áreas nivales fuera del rango 50 y 6000 Km² ubicadas entre las regiones III a X, se deberá utilizar la información hidrométrica existente en una cuenca controlada y homogénea hidrológicamente para generar una estadística de a lo menos 30 años hidrológicos completos, a nivel de caudales medios mensuales, o algún método clásico para la generación de dicha estadística.

Teniendo en cuenta la necesidad de disminuir la incertidumbre de los métodos indirectos y para validar el método de estimación de caudales, la Dirección Regional de Aguas solicitará un 1 aforo mensual, durante 3 meses del período de estiaje.

Cauces artificiales (canales, acequias, etc.)

Con respecto a este tipo de cauces se debe considerar lo siguiente:

- i. La facultad de establecer el caudal de dilución entregada en el DS 90 a la Dirección General de Aguas podrá ser ejercida en los cauces naturales de acuerdo a las atribuciones conferidas a este Servicio en el Artículo 299 del Código de Aguas.
- ii. La administración de las aguas al interior de los canales es de carácter privado, la que es ejercida por la respectiva Organización de Usuarios.
- iii. Estos cauces poseen un flujo discontinuo a lo largo del año, lo cual responde netamente a las necesidades de los usuarios.
- iv. No es posible establecer caudales disponibles para dilución en estos cauces.

Cuerpos fluviales afluentes a un cuerpo lacustre.

En conformidad a lo expresado en el DS N°90/2002 los cuerpos de agua fluviales afluentes a un cuerpo de agua lacustre natural (o sea, aquellos que desembocan directamente al cuerpo de agua lacustre natural) deberán cumplir los límites máximos permitidos para descargas a cuerpos de agua lacustre (Tabla N°3 del DS N°90/2002) y consecuentemente, no puede definirse en ellos el concepto de capacidad de dilución.

Zonas fluviales afectas a influencias del mar.

La Dirección General de Aguas entiende como cuerpo de agua fluvial, en el marco del D.S. 90/2000, aquellas aguas terrestres superficiales corrientes que desembocan en otro cuerpo de agua fluvial, cuerpo de agua lacustre o en el mar. Según lo anterior, un estuario, es considerado un cuerpo de agua fluvial aún cuando posea influencias de las mareas y por lo tanto, la Dirección General de Aguas determinará el caudal disponible en este tipo de cuerpos de agua receptores, cuando la descarga se realice aguas arriba de la Zona de Protección Litoral.

Para la determinación del caudal disponible para dilución en un estuario, el interesado deberá presentar los antecedentes listados a continuación, pudiendo la Dirección General de Aguas, requerir antecedentes complementarios o adicionales a los siguientes:

- i. Verificación de que el establecimiento califica como fuente emisora por el DS 90/2000 y que por lo tanto, su descarga queda condicionada al cumplimiento de los límites establecidos en este decreto.
- ii. Análisis donde se verifique que la descarga se produce aguas arriba de la Zona de Protección Litoral definida en el punto 3.13 del DS90/2000, no aplicándole la Tabla N°4, debido a que corresponde a un cuerpo de agua fluvial y por lo tanto, de competencia de la Dirección General de Aguas. La Dirección General de Aguas podrá solicitar la revisión del análisis presentado a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante a fin de confirmar que el punto se encuentra aguas arriba de la zona de protección litoral.

De acuerdo a la definición en el punto 3.13 del Manual de Aplicación del DS 90/2000, la Zona de Protección Litoral "corresponde a la franja de playa, agua y fondo de mar adyacente a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a ésta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua, fijada por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante..."

- iii. Análisis de la capacidad de mezcla del estuario. Análisis que deberá considerar la influencia de las mareas, las velocidades de flujos en el estuario, los ciclos de vaciante y llenante, la intrusión salina que a su vez depende de la magnitud del caudal afluente y de la amplitud de onda de la marea y densidad de agua en el estuario.

Este análisis deberá incorporar una batimetría, análisis hidrodinámico, análisis hidrológico, análisis de mareas con sus ciclos de llenante y vaciante, determinación de instrucción salina y determinación de la estratificación de ésta.

La Dirección General de Aguas no ha desarrollado una metodología para la determinación de la capacidad de mezcla de un estuario, tampoco ha establecido como se relaciona esta capacidad de mezcla con el caudal disponible para dilución definido en el DS 90/2000, por lo que aún cuando se reconoce que en teoría existe factibilidad técnica en la determinación de la capacidad de mezcla de un estuario, la relación de esta capacidad con el concepto de caudal disponible para dilución no está establecida.

Para la determinación del contenido natural, la Dirección General de Aguas podrá solicitar los antecedentes que requiera al interesado.

ANEXO: EJEMPLOS

a) Ejemplo N°1, Descarga de dos efluentes al mismo cuerpo receptor.

Si dos industrias descargan en un mismo punto un mismo tipo de contaminante, y además ambas industrias utilizan la capacidad de dilución del cuerpo receptor, establecida por resolución de la Dirección General de Aguas, descargando la concentración máxima permitida por el DS N°90/2000 (Tabla N°2).

Se tendrá lo siguiente:

$$C_{\max} = C_i = M_i / V_i \\ \text{ó, } M_i = V_i * C_{\max}$$

Donde:

V_i = volumen de agua descargado por la industria i

M_i = masa de contaminante descargado por la industria i

C_i = Concentración de contaminante descargado por la industria i ocupando la capacidad de dilución del cuerpo receptor, $C_i = C_{\max}$ (concentración máxima de contaminante fijado en DS N° 90 / 2000)

La pregunta que surge es: cuál es el efecto combinado de ambas descargas en el río; que se traduce en preguntar si la descarga combinada de ambas industrias seguirá cumpliendo el valor máximo de concentración establecido en el DS N°90/2000; o bien, si la capacidad de dilución del cuerpo receptor se agota.

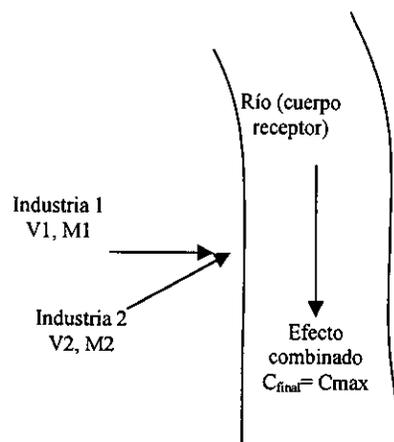
Sabemos que la masa de total de contaminante descargado será la suma de las masas descargadas por cada industria. Equivalentemente, el volumen total descargado será la suma de los volúmenes. Es decir:

$$M = M_1 + M_2 \quad ; \quad V = V_1 + V_2$$

$$C_{\text{final}} = M / V = (M_1 + M_2) / (V_1 + V_2) \\ C_{\text{final}} = (V_1 * C_{\max} + V_2 * C_{\max}) / (V_1 + V_2) \\ C_{\text{final}} = C_{\max} * (V_1 + V_2) / (V_1 + V_2) \\ C_{\text{final}} = C_{\max}$$

Por lo tanto, si cada industria restringe sus descargas al DS N°90/2000, el efecto combinado de ellas seguirá cumpliendo con los límites máximos establecidos en la normativa, comportándose como una sola descarga, aún cuando se haya utilizado la capacidad de dilución del cuerpo receptor.

Es por lo anterior, que el caudal disponible para dilución en un punto permite la descarga de más de un efluente, como fue mencionado en el numeral II.



b) Ejemplo N°2: Cálculo Q dilución considerando Q ecológico establecido.

Considérense conocidos los datos entregados en la Tabla N°1: caudales medios mensuales de una zona de interés con probabilidad de Excedencia de 85% (Qmm) y derechos a respetar aguas arriba de la zona.

Tabla N° 1

	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Qmm Pexc 85% (m3/s)	13,9	31,5	129,6	155	148,1	114,8	72,7	43,4	23,8	15,5	11,4	11,3
Derecho a respetar aguas arriba (m3/s)	7,85	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,17	9,02	8,96	7,8	7,8	7,8
Balance (m3/s)	6,05	22,39	120,49	145,89	138,99	105,69	63,53	34,38	14,8	7,7	3,6	3,5

Caso 1:

a) Caudal Ecológico, establecido en estudio del Depto de Administración de Recursos Hídricos, igual a 2.5 m3/s

En este caso al comparar el caudal ecológico teórico, 2.5 m3/s, con la fila de balance es posible apreciar que este es verificado todos los meses del año, vale decir el balance es mayor que el caudal ecológico, por lo tanto el caudal de dilución corresponde a 2.5 m3/s.

Caso 2:

b) Caudal Ecológico, establecido en estudio del Depto de Administración de Recursos Hídricos, igual a 11.9 m3/s

De la fila de balance es posible apreciar que lo disponible para sustentar el caudal ecológico teórico solo se presenta en el período entre mayo y Diciembre, es decir entre los meses de enero y abril el balance es menor al caudal ecológico y por lo tanto este no es sustentado en dicho período.

Ante esta situación, el caudal ecológico teórico verificado en el río en la zona de interés corresponde a la serie de valores entre el mínimo valor del balance y el caudal ecológico teórico determinado por el Depto. de Administración de Recursos Hídricos, vale decir el caudal de dilución corresponderá a la siguiente distribución mensual.

	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Qmm Pexc 85% (m3/s)	13,9	31,5	129,6	155	148,1	114,8	72,7	43,4	23,8	15,5	11,4	11,3
Derecho a respetar aguas arriba (m3/s)	7,85	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,17	9,02	8,96	7,8	7,8	7,8
Balance (m3/s)	6,05	22,39	120,49	145,89	138,99	105,69	63,53	34,38	14,8	7,7	3,6	3,5
Q. Dilución	6,05	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	7,7	3,6	3,5

c) Ejemplo N°3, Cálculo del Q dilución en cuenca sin control fluviométrico

Para ilustrar la aplicación de metodología propuesta para cuencas sin control fluviométrico, se complementa el ejemplo del numeral 5.3 c) del Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica; Chillán en Esperanza.

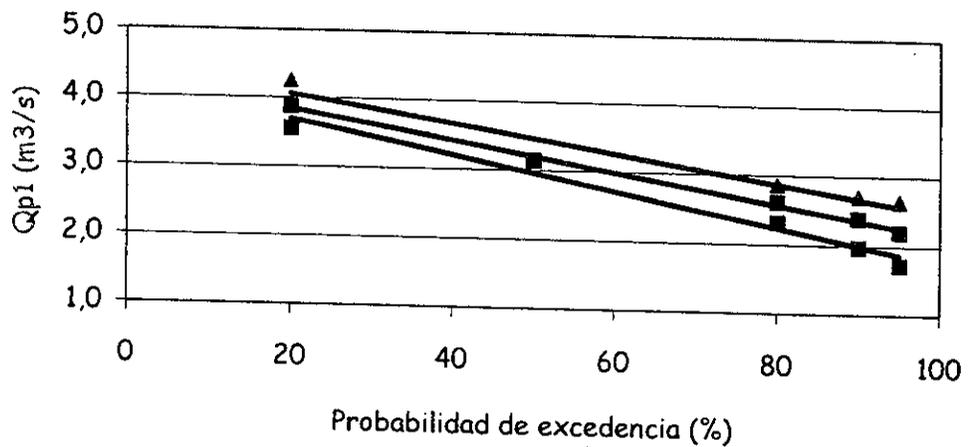
Siendo $Q_{30}^{(50\%)}$ igual a 3.63 m³/s, se obtiene la siguiente información:

Probabilidad de Excedencia (%)	Qp30		
	medio (m ³ /s)	máximo (m ³ /s)	mínimo (m ³ /s)
20	4,46	4,90	4,10
50	3,63	3,63	3,63
80	3,01	3,30	2,69
90	2,76	3,12	2,29
95	2,54	3,05	2,00

Para el caso analizado corresponde a Itata por lo que el factor regional $Qp1/Qp30$ corresponde 0.866, resultando:

Probabilidad de Excedencia	Q1(p)		
	medio	máximo	mínimo
20	3,87	4,24	3,55
50	3,14	3,14	3,14
80	2,61	2,86	2,33
90	2,39	2,70	1,98
95	2,20	2,64	1,73

Al graficar esta información:



Suponiendo que los aforos caen dentro del rango, se considera validada la curva y por consiguiente el caudal de dilución sería igual a $Q95\%(30)$ mínimo, es decir 2 m³/s.