



**“INFORME FINAL: CALIDAD DEL AGUA Y DE SEDIMENTOS DEL LAGO
LANALHUE Y SUS TRIBUTARIOS, SECTOR CONTULMO. PRIMAVERA –
VERANO 2005”**

POR

GONZALO MENDOZA, ROBERTO URRUTIA & RICARDO BARRA
UNIDAD DE SISTEMAS ACUÁTICOS, CENTRO EULA_CHILE,
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

FEBRERO, 2006

INDICE

1. Introducción	3
2. Materiales y métodos	5
2.1 Área de estudio	5
3. Resultados	8
4. Discusión	12
5. Conclusiones	13

1. Introducción

En la Región del Biobío, la disponibilidad de cuerpos de aguas lénticos es escasa comparada con la magnitud de las aguas corrientes. El sistema de lagos “Nahuelbutanos” esta constituido por cuerpos acuáticos 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, Lago Lanalhue y Lago Lleu-Lleu, entre otros.

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 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 (Lanalhue y Lleulleu), a su vez 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 las autoridades de gobierno y comunales como también 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.

Desde hace 3 a 4 años según relatos de la población cercana al lago Lanalhue indican la aparición de la planta acuática *Egeria densa* la cual ha provocado especialmente en época de verano interferencias con otros usos del lago, como la navegación y la recreación.

El establecimiento de *E. densa* requiere de condiciones adecuadas de luz y nutrientes, así como una baja de presión de herbivoría. En el sector de Contulmo en el lago Lanalhue, es donde se observan los mayores problemas asociados a su menor profundidad (4 a 5 metros) y una mayor disponibilidad de luz en el sedimento, además en zonas aledañas al lago cuenta con aportes puntuales y difusos de nutrientes, que podrían brindar un adecuado suministro de nutrientes a esta especie.

La evaluación cuantitativa del grado de contaminación del lago y de los tributarios, 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.

El presente informe corresponde a los resultados de la calidad del agua y sedimentos en época de primavera y verano del 2006 del lago lanalhue en el sector Contulmo y de sus tributarios.

2. Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio

Durante el 30 de Septiembre y 28 de Diciembre del 2005, se procedió a realizar dos muestreos, de los esteros tributarios (el Peral, Buchoco y Calebu) y de los sitios de muestreos dentro del lago Lanalhue (superficial y profundidad), en el sector Contulmo (fig.1), correspondiente a las estaciones de Primavera y Verano respectivamente. Las estaciones fueron georeferenciadas en terreno mediante la utilización de un GPS (tabla 1). Se realizaron mediciones in situ de temperatura, pH, conductividad y transparencia. El análisis de las muestras de agua se realizó en el laboratorio de Química Ambiental del Centro EULA – Chile, siguiendo la Norma Chilena Oficial (INN) y las recomendaciones sugeridas por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th edition (APHA, AWWA, WEF, 1999). En la tabla 2, observa los parámetros y metodologías de los análisis realizados. Las muestras de agua fueron colectadas mediante la utilización de una botella Ruttner de 2L de capacidad a dos profundidades (superficie y fondo) en tanto las muestras de sedimentos fueron extraídas con una draga van veen ver figura 2.

Figura 1. Estaciones de muestreo, tributarios y en lago Lanalhue en el sector Contulmo.

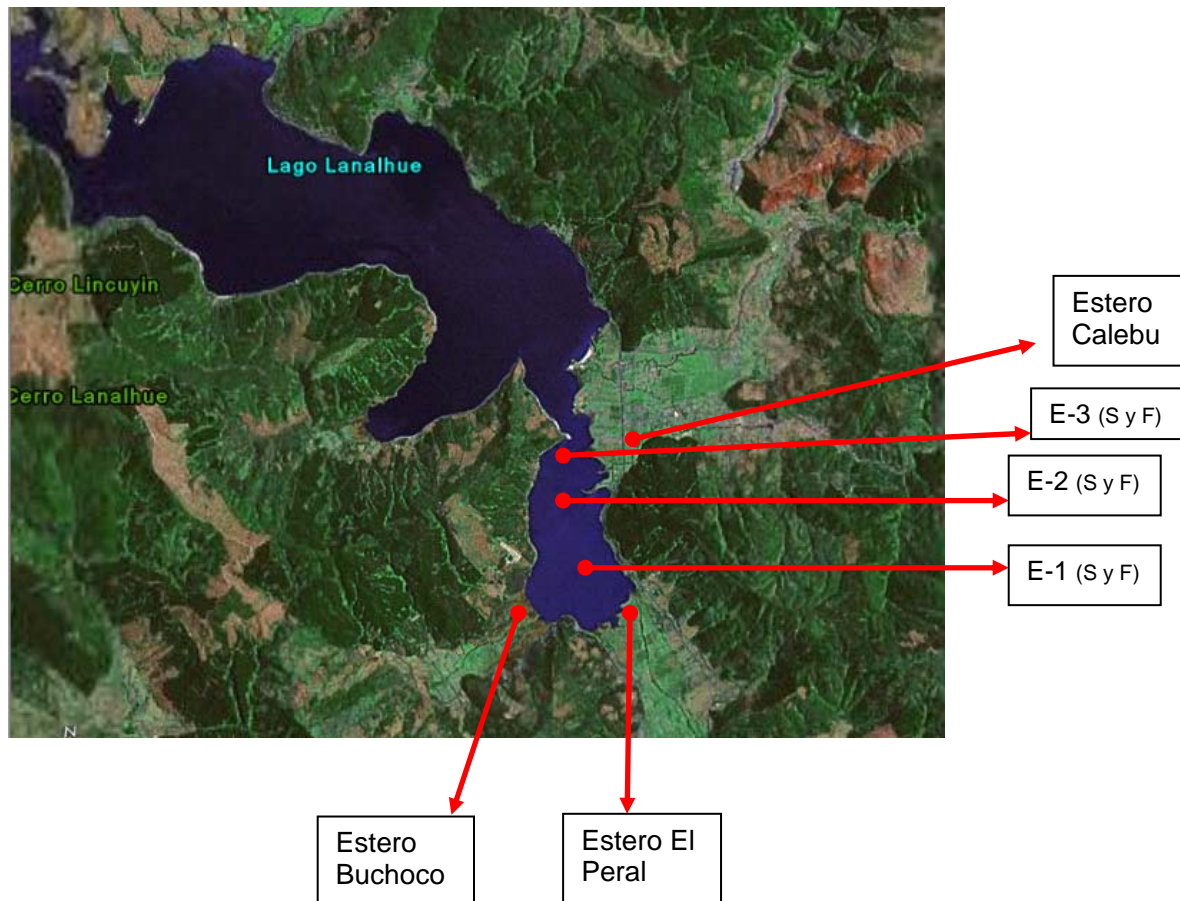


Tabla 1. Identificación de las estaciones de muestreo.

Código estación	Coordenadas del sitio de muestreo
Estero el Peral	38° 00' 32'' S / 73° 13' 48'' W
Estero Calebu	37° 57' 45'' S / 73° 14' 58'' W
Estero Buchoco	37° 59' 16'' S / 73° 16' 20'' W
E-1 S	37° 58' 57'' S / 73° 15' 26'' W
E-1 F	
E-2 S	37° 58' 13'' S / 73° 15' 18'' W
E-2 F	
E-3 S	37° 57' 26'' S / 73° 15' 22'' W
E-3 F	

Tabla 2. Parámetros y Métodos analíticos

Alcalinidad	:	2320 B Standard Methods 20th Edition. Volumetría.
Amonio	:	4500 – NH ₃ F Standard Methods 20th Edition. Espectrofotometría Absorción Molecular.
Conductividad	:	2510 B Standard Methods 20th Edition. Electrometría.
Fósforo Total	:	4500-P-B Standard Methods 20 th Edition. Espectrofotometría Absorción Molecular.
Nitrato	:	4500 – NO ₃ E Standard Methods 20th Edition. Espectrofotometría Absorción Molecular.
Nitrito	:	4500 – NO ₂ B Standard Methods 20th Edition. Espectrofotometría Absorción Molecular.
Nitrógeno Total	:	4500-N C. Standard Methods 20th Edition. Espectrofotometría Absorción Molecular.
Orto-Fosfato	:	4500-P E. Standard Methods 20 th Edition. Espectrofotometría Absorción Molecular.
Oxígeno Disuelto	:	4500 O Standard Methods 20th Edition. Volumetría Winkler.
pH	:	4500 H B Standard Methods 20th Edition. Electrometría.
Temperatura	:	2250 B Standard Methods 20 th Edition. Termometría.
Coliformes Fecales	:	Standard Methods, coliformes fecales por tubos multiples (NMP)

Figura 2. Muestreo de sedimentos y de aguas superficiales y Fondo en el Lago Lanalhue



3. Resultados

En la tabla 3 y 4 se visualizan los resultados de los parámetros analizados en los distintos sitios de muestreo, en primavera y verano respectivamente.

Tabla 3. Parámetros analizados en primavera en los distintos sitios de muestreo.

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	Identificación de las muestras								
		E – 1 S	E – 1 F	E – 2 S	E – 2 F	E – 3 S	E – 3 F	Estero el Peral	Estero Buchoco	Estero Calebu
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	15,9	14,5	14,5	21,7	14,5	15,9	21,7	14,5	14,5
Amonio	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,22	< 0,02	0,36	0,10	< 0,02
Conductividad	μS/cm	49,0	46,0	39,0	40,0	38,0	37,0	51,3	37,7	32,8
Fósforo Total	mg/L	0,03	0,04	0,04	0,07	0,04	0,06	0,19	0,06	0,03
Nitrato	mg/L	0,07	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,08	1,35	0,38	0,18
Nitrito	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,042	< 0,005	< 0,005
Nitrógeno Total	mg/L	0,36	0,72	0,47	0,60	0,24	0,19	0,90	0,34	0,16
Orto-Fosfato	mg/L	< 0,012	< 0,012	< 0,012	< 0,012	0,023	< 0,012	0,441	< 0,012	< 0,012
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	10,5	8,9	10,8	10,3	10,8	10,7	10,4	11,1	11,5
pH		6,4	6,5	6,5	6,5	6,6	6,6	6,5	6,8	6,7
Temperatura	°C	15,0	13,5	15,0	13,5	15,5	14,0	11,0	10,0	10,0
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	23		23		50		900	240	30
Profundidad	m	2,5		5,2		5,5				
Disco Sechii		2		2		1,8				

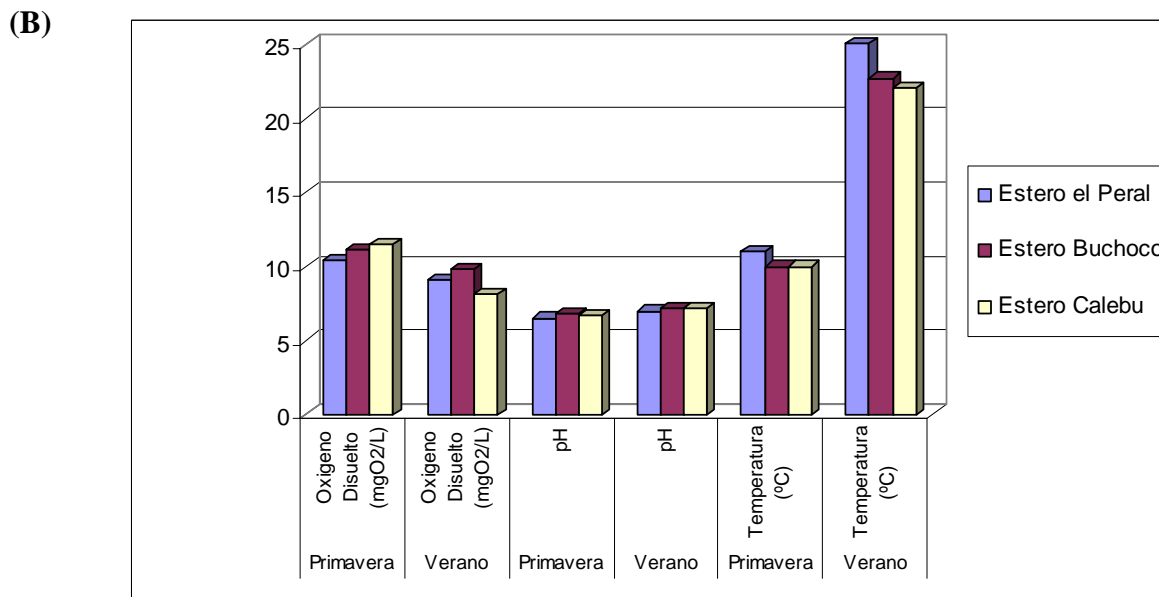
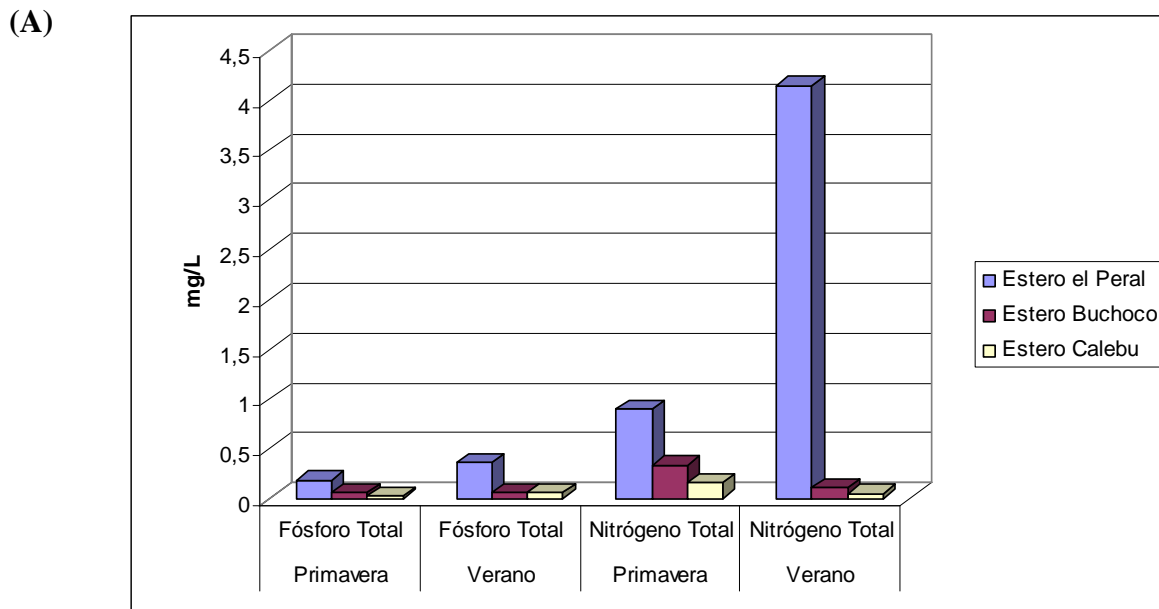
Tabla 4. Parámetros analizados en verano en los distintos sitios de muestreo.

Parámetros en Agua Superficial	Unidad	Identificación de las muestras								
		E – 1 S	E – 1 F	E – 2 S	E – 2 F	E – 3 S	E – 3 F	Estero el Peral	Estero Buchoco	Estero Calebu
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	13,0	13,0	12,0	12,0	12,0	12,0	25	12	10
Amonio	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	3,44	< 0,02	< 0,02
Conductividad	μS/cm	49,0	48,0	43,0	44,0	42,0	39,0	55,3	36,7	34,8
Fósforo Total	mg/L	0,08	0,12	0,07	0,09	0,05	0,05	0,36	0,06	0,06
Nitrato	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,88	0,49	0,11
Nitrito	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,009	< 0,005	< 0,005
Nitrógeno Total	mg/L	0,90	0,58	0,28	0,64	0,50	0,35	4,15	0,11	0,05
Orto-Fosfato	mg/L	< 0,012	< 0,012	0,222	< 0,012	0,064	< 0,012	0,66	0,317	0,022
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	8,5	8,9	9,0	8,5	9,2	8,4	9,1	9,8	8,1
pH		8,4	7,9	7,6	7,5	7,8	7,3	7,0	7,2	7,2
Temperatura	°C	23,6	23,5	24,0	23,7	24,0	23,4	25	22,7	22
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4		2		2		2	1600	240
Profundidad	m	2		4,1		4,2				
Disco Sechii		1,5		2		1,8				

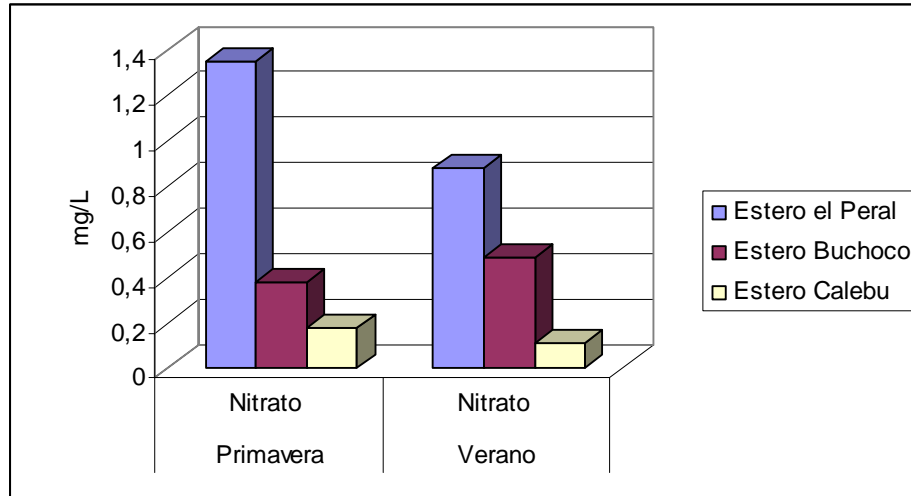
3.1 Calidad del agua en los tributarios

En los la figura 3 (a, b, c, d, e, f y g) se visualizan las concentraciones de Nitrógeno total, Fósforo total, Oxígeno, pH, Temperatura, Nitrato, Nitritos, Ortofosfatos y Coliformes Fecales de los ríos tributarios en el lago Lanalhue en el sector Contulmo, para las estaciones de primavera y verano.

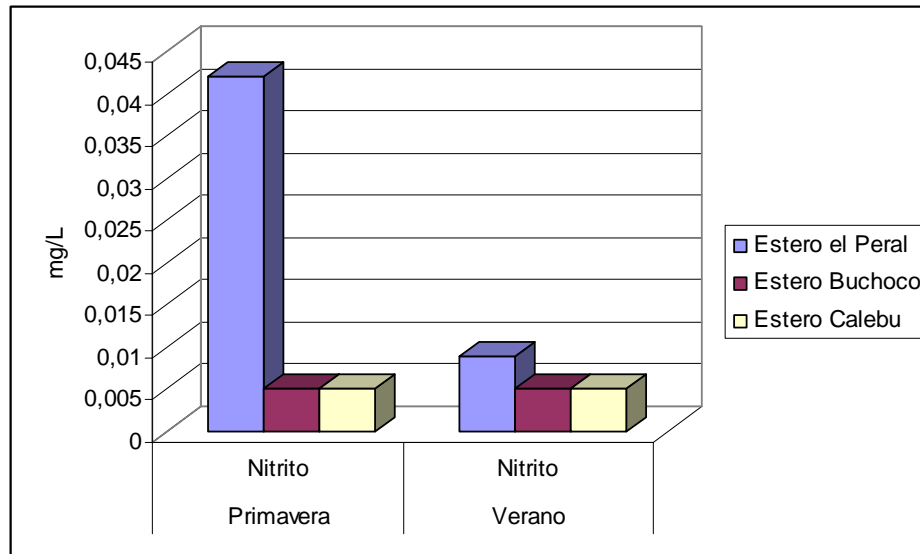
Figura 3. Concentraciones de N y P total (A); Oxígeno, pH y Temperatura (B); Nitrato (C); Nitrito (D) y Ortofosfato (E); Coliformes Fecales (F)



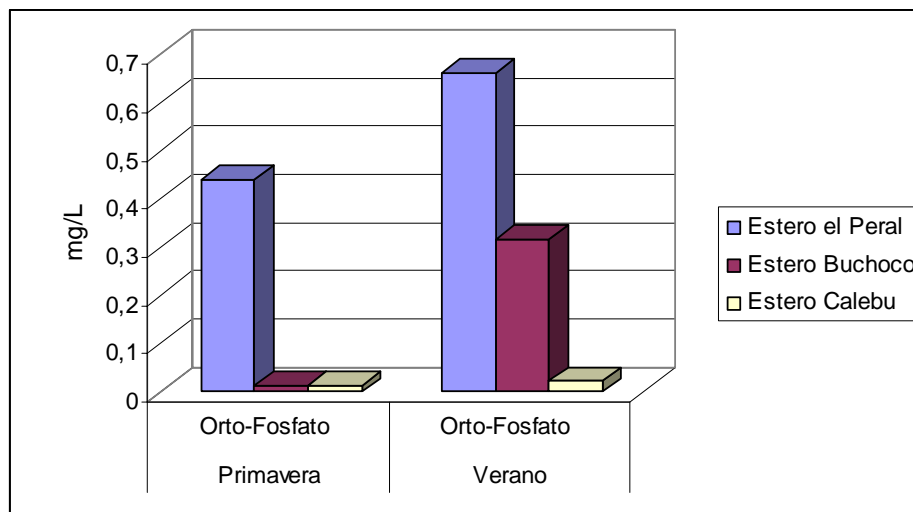
(C)



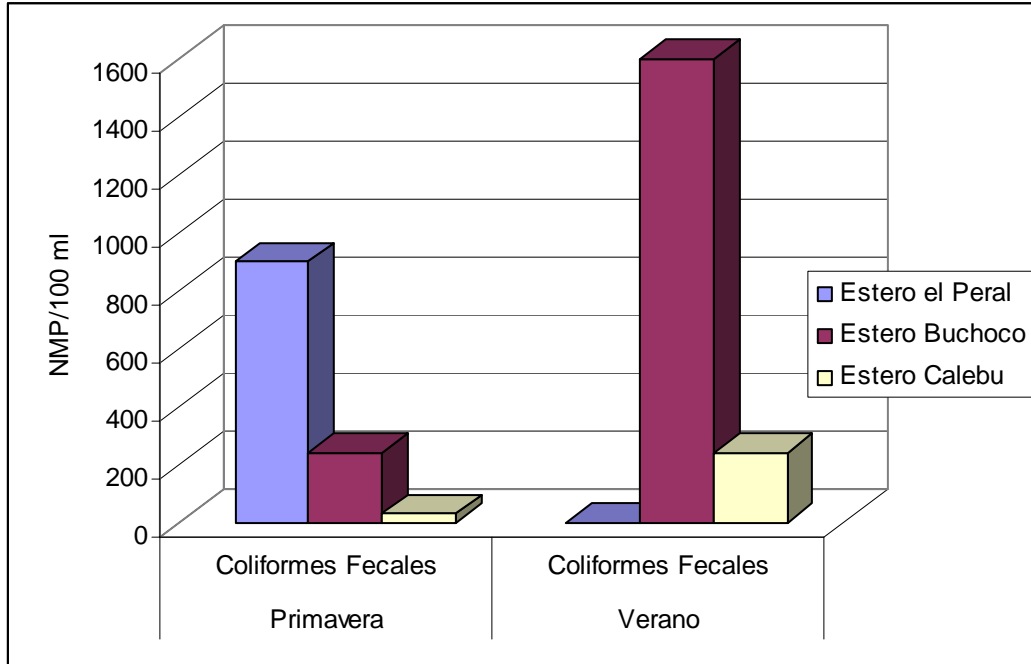
(D)



(E)



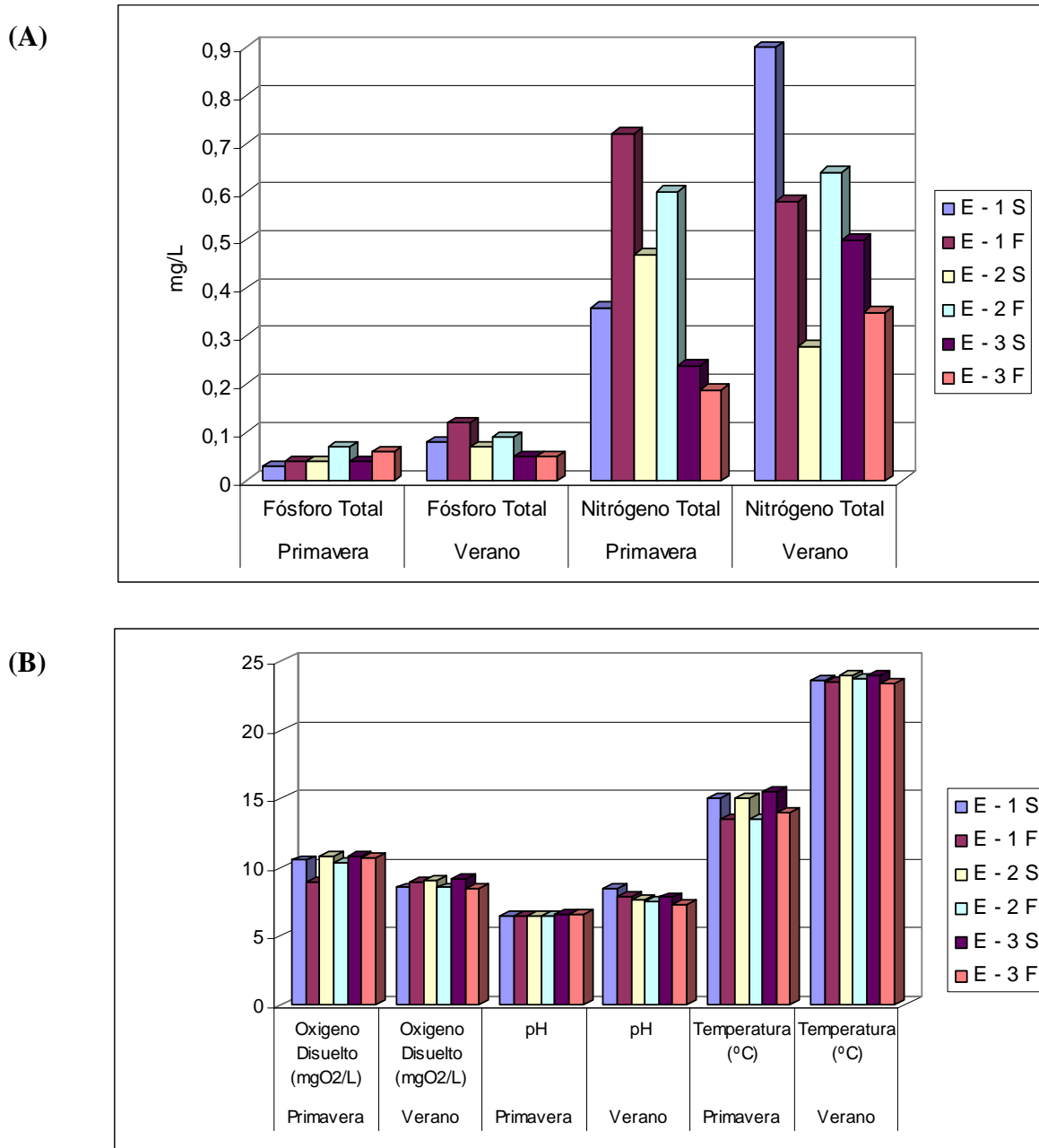
(F)



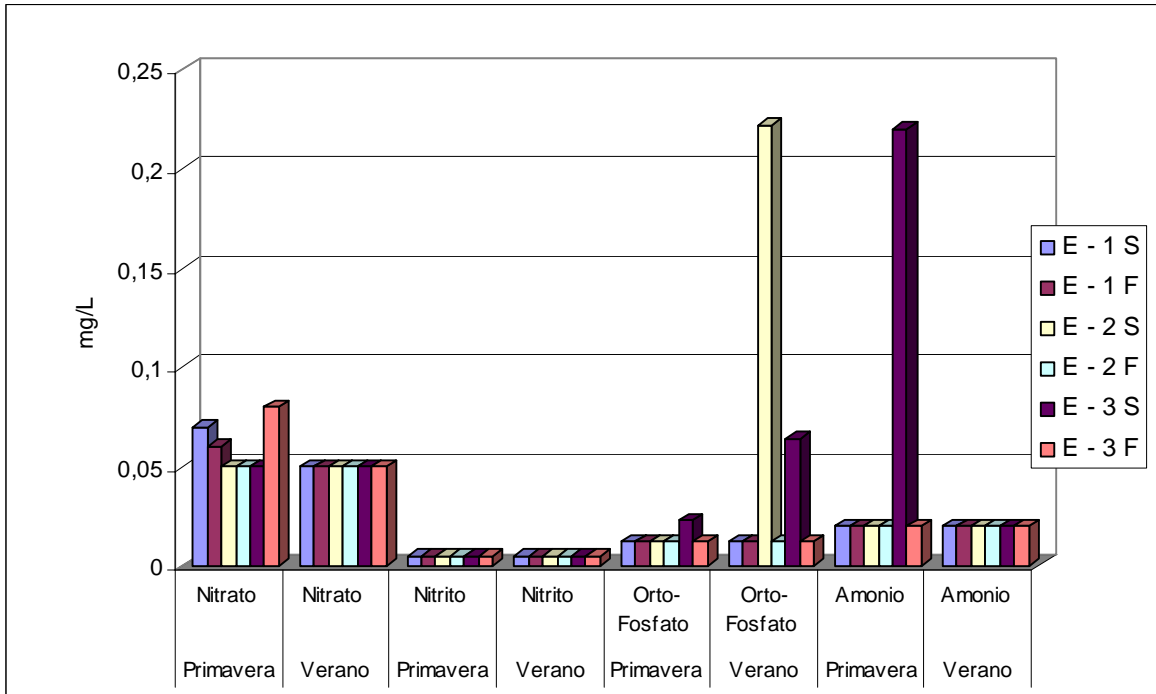
3.2 Calidad del agua en el Lago.

En los la figura 4 (a, b, c, d y e) se visualizan las concentraciones de Nitrógeno total, Fósforo total, Oxígeno, pH, Temperatura, Nitrato, Nitritos, Ortofosfatos, Coliformes fecales Alcalinidad y Conductividad, de los sitios de muestreo en el lago Lanalhue en el sector Contulmo.

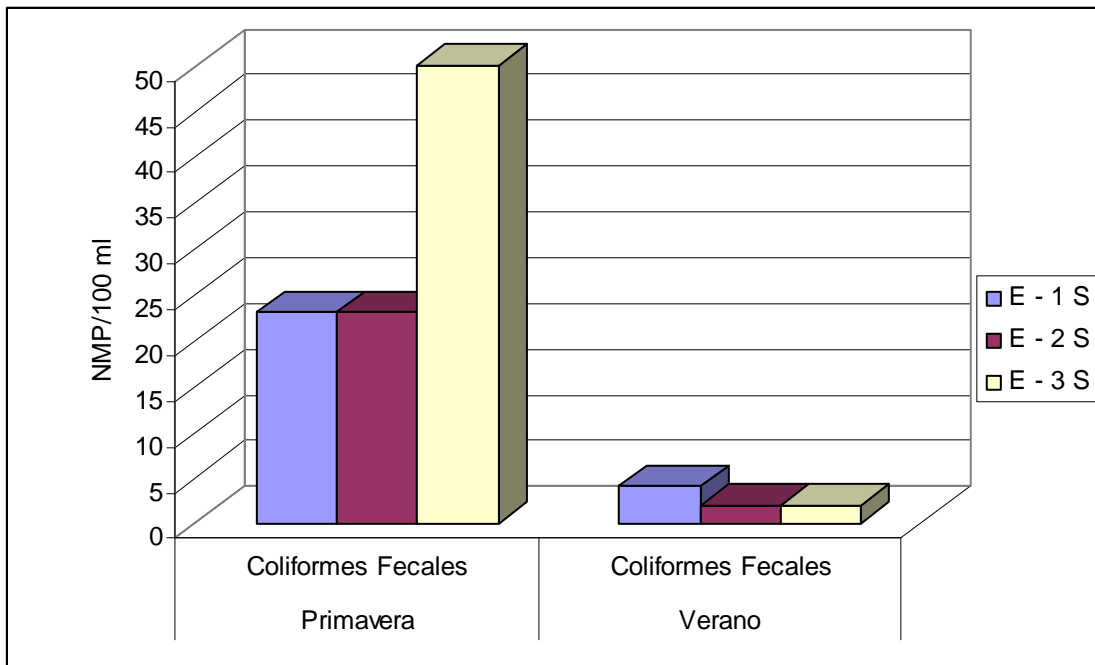
Figura 4. Concentraciones de N y P total (A); Oxígeno, pH y Temperatura (B); Nitrato, Nitrito, Ortofosfato y Amonio (C); Coliformes Fecales (D).



(C)



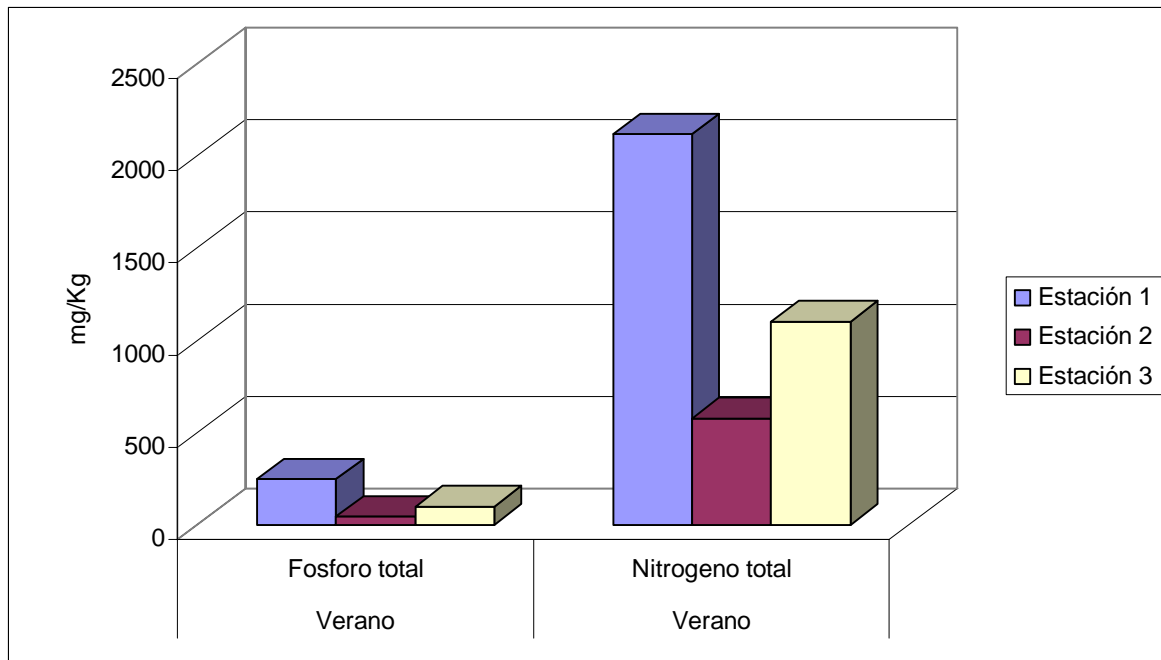
(D)



3.3 Calidad de los sedimentos en el Lago.

En la figura 5 se visualizan las concentraciones de Nitrógeno total y Fósforo total en sedimentos en los sitios de muestreo en el lago Lanalhue en el sector Contulmo.

Figura 5. Concentraciones de N y P total en los sitios de muestreo en el lago Lanalhue en el sector Contulmo.



4. Discusión

- Nitrógeno y fósforo total son elementos esenciales para formas de vida acuática, un incremento brusco de estos elementos, debido principalmente a las actividades antropogénicas son la causa principal de eutroficación de los lagos. El fósforo es generalmente el nutriente limitante para el crecimiento de algas y por consiguiente, controla la productividad primaria de los cuerpos de agua. Las fuentes naturales de fósforo y nitrógeno son principalmente el desgaste de rocas y la descomposición de materia orgánica en tanto el mayor aporte antropogénico es debido a las aguas servidas, particularmente las que contienen detergentes, efluentes industriales y drenajes agrícolas rico en fertilizantes. Los resultados obtenidos en las estaciones de primavera y Verano 2005 en el lago lanalhue sector contulmo, indican altas concentraciones de estos dos elementos y según la “Guía para el establecimiento de las Normas Secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y Marinas” de diciembre del 2004 específicamente en la tabla 2, que indica los valores máximos y mínimos para la protección del estado trófico de los cuerpos lacustres, este sistema lacustre estaría altamente **Eutroficado**, ver tabla comparación (tabla 5). Lo cual es ratificado con las altas concentraciones encontrados en los sedimentos especialmente en el sector donde descarga el “estero el Peral” (2000 mg/Kg. de Nitrógeno total y 250 mg/Kg de fosforo total), lo cual nos estaría indicando que ha existido un aporte constante de nutrientes.

Tabla 5. Tabla comparación fósforo y nitrógeno total lago lanalhue sector contulmo versus “Norma secundaria calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas.

Elemento o Compuestos	Unidad	Estado Mesotrófico	Lago Lanalhue
Fósforo	ug/L	20	30* - 120 (77)
Nitrógeno	ug/L	400	190* - 900 (542)

Nota: Lago lanalhue *valores mínimos pertenecientes a la estación de primavera, en tanto los valores entre paréntesis corresponden al promedio de las dos estaciones.

Según la Norma deberá determinarse que las aguas que exceden los límites establecidos para el estado mesotrófico indican un cuerpo lacustre Eutroficado.

En tanto al realizar el análisis de los tributarios (El peral, buchoco y Calebu) se aprecia la elevada concentración en el estero el Peral (entre 40 veces mas que el estero buchoco y calebu), tributario del lago donde descarga la planta de tratamiento primario de ESSBIO correspondiente al pueblo de Contulmo, para poder realizar el real aporte de los tres esteros en un próximo muestreo debiera realizarse la medición de caudal de dichos esteros.

- Oxígeno Disuelto (O.D), pH, y Temperatura, parámetros esenciales para todas las formas de vida acuática. La respiración biológica incluyendo aquella relacionada con los procesos de descomposición de descargas de residuos con altos contenidos de materia orgánica y nutriente puede conducir a decrecimientos en las concentraciones O.D. Los resultados obtenidos en primavera y verano, no indican una disminución del O.D, si consideramos que concentraciones menores a 5 mg/L pueden negativamente afectar el funcionamiento y la supervivencia de comunidades

biológicas. En tanto se aprecia un incremento del pH y la temperatura en la estación de verano con respecto a la primavera.

- Nitrato y nitrito. El Ion nitrato es la forma mas común de nitrógeno combinado encontrado en aguas naturales. Puede ser químicamente reducido a nitrito por desnitrificación, bajo condiciones anaeróbicas. El Ion del nitrito es rápidamente oxidado a nitrato.

Las fuentes naturales de nitrato en aguas superficiales son: rocas ígneas, drenajes agrícolas, restos de plantas y animales. Los niveles naturales que rara vez exceden a 0,1 mg/L de nitrato pueden ser incrementados por descargas industriales y urbanas, incluyendo precolación de rellenos sanitarios. En áreas rurales y suburbanas el uso de fertilizantes nitrogenados puede ser una fuente significativa. Las fluctuaciones estacionales de nitrato ocurren debido a crecimiento y descomposición de biomasa hídrica, al ser los nutrientes nitrogenados esenciales para plantas acuáticas. Los resultados encontrados en el lago lanalhue sector contulmo, en ambas estaciones primavera y verano, para el parámetro nitrito esta por debajo ($< 0,05$ mg/L) de la norma secundaria de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y Marinas, con excepción del estero el Peral que obtuvo un valor promedio de 0,0255 mg/L. En tanto los valores para el Nitrato igual que el nitrito son bajos con excepción del estero el peral y buchoco que tuvieron un valor promedio de 1,15 y 0,44 mg /L respectivamente.

- Coliformes fecales. Según los resultados obtenidos en el lago lanalhue sector contulmo y para la fecha de los muestreos Septiembre y Diciembre del 2005, y comparados con la Norma Secundaria de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y Marinas, caerían en el rango de clase 1 de muy buena calidad (1000 NMP/100 ml), indicando un agua adecuada para la protección y conservación de las comunidades acuáticas y para el riego irrestricto. En tanto los esteros: el peral (900 NMP/100 ml, en primavera) y buchoco (1600 NMP/100 ml en verano) están dentro del rango de clase 1 pero con un margen de riesgo elevado, por la fluctualidad observada en ambas mediciones, recomendando un monitoreo constante de dichos esteros.

5. Conclusiones

- Según los resultados obtenidos podemos indicar que el lago lanalhue en el sector contulmo se encuentra en proceso claro de eutrofización, al ser comparado con la “Norma Secundaria de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y Marinas” de diciembre del 2004.
- Los análisis de coliformes fecales en el lago lanalhue en el sector contulmo, para la fecha de muestreo, indican una calidad de agua de clase 1 de “muy buena calidad” (1000 NMP/100 ml), siendo un agua adecuada para la protección y conservación de las comunidades acuáticas y para el riego irrestricto.
- Se recomienda la consecución del monitoreo del lago y sus tributarios en otras épocas del año, ejemplo a fines de la temporada estival, fecha donde existe el mínimo caudal de los esteros y una menor profundidad del lago, además de existir una mayor afluencia de veraneantes.
- Los resultados referentes a los esteros: buchoco, calebu y el peral indican que estos pueden ser usados para riego; sin embargo deben mantenerse bajo vigilancia, el estero el peral y buchoco debido a la variabilidad de los resultados obtenidos específicamente en los coliformes fecales.
- Un antecedente interesante de examinar es la relación entre el área de la cuenca y el área del lago. Debido a que mientras mayor sea el tamaño de la cuenca en la cual se colectan las aguas, en relación con el área o espejo de agua del lago, mas sensible seria este a las modificaciones de la vegetación natural que cubre su cuenca y a los aportes de nutrientes que provengan del ecosistema terrestre adyacente, en consecuencia un lago con un alto índice área de la cuenca/área del lago, o C/L será mucho más sensible a perturbaciones naturales o antrópicas que modifiquen la vegetación de su cuenca, en relación a esta ultima premisa y producto de las observaciones tanto en terreno como las fotografías aéreas del lago en el sector contulmo, se aprecia dos sistemas lacustres totalmente distintos (sector contulmo y el sector Chan-chan- peleo), por ende se hace necesario realizar un estudio batimétrico y de correntometria de las aguas, para visualizar como es la circulación y el comportamiento de la entrada y salida de nutrientes, especialmente en el sector Contulmo.
- El desarrollo e implementación reestrategias de manejo efectivas de eutrofización deben estar basados sobre la consideración holística de un complejo de factores técnicos. Tales estrategias deben estar dirigidas hacia la optimización de la calidad del agua para usos deseados del recurso hídrico en cuestión. Además quienes deben tomar decisiones deben estar seguros de que la calidad de un cuerpo de agua eutroficado puede ser mejorada.