

UCH-FC
Q. Ambiental
B 321
C.1



FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

**“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA DE ACULEO
DURANTE EL PERIODO 2000-2008”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de:

Químico Ambiental

Daniela Stefania Bassi Castillo

Director de Seminario de Título: Sr. Jaime Rovira
Profesor Patrocinante: M.Cs Sylvia Copaja

Diciembre de 2012
Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el o (la) candidato (a):

DANIELA STEFANIA BASSI CASTILLO

“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA DE ACULEO
DURANTE EL PERIODO DEL 2000-2008”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental

COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Sr. Jaime Rovira
Director Seminario de Título

M. Cs. Sylvia Copaja
Profesor Patrocinante

M. Cs. Irma Vila
Corrector

Dra. Marcela Úrzua
Corrector

J. Rovira
S. Copaja
I. Vila
M. Úrzua

Un sello circular con el texto "FACULTAD DE CIENCIAS" en la parte superior, "BIBLIOTECA CENTRAL" en el centro y "U. DE CHILE" en la parte inferior, rodeado por una línea con estrellas.

RESEÑA



Daniela Bassi Castillo inicia sus estudios Universitarios el año 2007, ingresa a la carrera profesional Química Ambiental en la facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

En el primer semestre del año 2011 realiza su unidad de investigación en el laboratorio de la profesora Sylvia Copaja desarrollando el tema “Caracterización química de agua de poro y sedimentos de los embales Rapel y Cogotí” trabajo que fue parte del proyecto Fondecyt “Contemporary evolution induced by dams effects on migration and habitat quality”. Esta investigación permitió aprender experimentalmente la preparación de reactivos y uso de equipos de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

El segundo semestre del quinto y último año de carrera, ingresa a realizar su seminario de título a la SEREMI del medio ambiente.



Dedicatoria

...A mi Familia...



Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que me apoyaron de distinta manera para lograr el desarrollo de este trabajo.

Primero agradezco a la SEREMI del medio ambiente que me permitió realizar mi seminario de título con ellos, los cuales me apoyaron y otorgaron toda la información necesaria para realizar esta investigación. En especial agradezco a mi director Jaime Rovira y a mi codirector Germán Venegas.

Agradezco a mi profesora M.Cs Sylvia Copaja por aconsejarme cuando tuve dudas en este trabajo, por la oportunidad de haber realizado en su laboratorio mi unidad de investigación y además por todo lo enseñado durante mi carrera.

Agradezco a mis correctores Dra. Irma Vila y Dra. Marcela Urzua por orientarme y darme consejos para mejorar mi seminario.

No puedo dejar de lado a todas las personas que aportaron desde lo mas mínimo en este trabajo ya sea pololo, amigos, compañeras de universidad etc.

Por último y lo más importante le doy las gracias a mi familia por estar siempre conmigo.

Índice de contenidos

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Eutrofización	1
1.1.1.....	2
1.1.2 Relación calidad de agua con el nivel trófico	2
1.2 Características de la zona en estudio	3
1.2.1 Ubicación geográfica	3
1.2.2 Clima	4
1.2.3 Balance hídrico de la Laguna y aporte de sedimentos a la Laguna	5
1.2.4 Batimetría de la Laguna	9
1.2.5 Viento.....	12
1.2.5 Alto endemismo e intervención: Hotspot a nivel mundial.....	13
1.2.6 Actividades antrópicas y su impacto.....	13
1.2.6.1 Actividad agrícola	17
1.2.6.2 Actividad ganadera	19
1.2.6.3 Actividad inmobiliaria y residencial	19
1.2.6.4 Actividad turística	20
1.2.6.5 Actividad forestal	21
1.2.6.6 Ámbito institucional	22
1.3 Matriz de Leopold	23
1.4 Gestión y administración del recurso: DGA (Dirección General de Aguas.....	26
1.5 Calidad de agua	27
1.6 Aspecto Legal.....	29
1.7 Descripción del problema	29
1.8 Hipótesis.....	30
1.9 Objetivos	31
1.9.1 Objetivo General	31
1.9.2 Objetivos Específicos:.....	31
II. METODOLOGÍA	34
2.1 Recopilación y selección de información.....	34
2.2 Reordenamiento de los datos.....	34

2.3	Análisis de datos.....	35
2.3.1	Calidad de agua.....	35
2.3.2	Diagnóstico trófico.....	36
2.4	Interpretación de resultados.....	37
2.5	Propuesta.....	37
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
3.1	Estudio Calidad del agua.....	38
3.1.1	Conductividad específica.....	38
3.1.2	pH.....	40
3.1.3	Transparencia (Disco secchi).....	42
3.1.4	Oxígeno disuelto.....	46
3.1.5	Temperatura.....	47
3.2	Diagnóstico estado trófico.....	53
3.2.1	Fósforo total.....	53
3.2.2	Nitrógeno total.....	55
3.2.3	Clorofila α	57
3.3	Relación entre el estado trófico de la Laguna y calidad de agua.....	59
3.4	Estudio del comportamiento de las variables en estudio en relación al tiempo.....	62
3.4.1	Parámetros Físicos.....	62
3.4.2	Variables químicas.....	77
3.5	Propuesta para prevenir y/o mitigar el deterioro ambiental que existe en la Laguna de Aculeo.....	108
IV.	CONCLUSIONES.....	119
V.	REFERENCIAS.....	124
VI.	ANEXOS.....	127

Índice de tablas

Tabla 1: Niveles tróficos de lagos someros (Andaur, 2008).....	2
Tabla 2: Estándares para Aguas Destinadas a regadío.....	27
Tabla 3: Estándares para Aguas Destinadas a Vida Acuática (aguas dulces).....	27
Tabla 4: Estándares para Aguas Destinadas a Uso Recreativo con Contacto Directo.....	28
Tabla 5: Condición trófica y relación con la calidad del agua (Parra, 1989).....	28
Tabla 6: valores de nivel eutrófico e hipertrófico para lagos someros.	36
Tabla 7: Estándares para Aguas Destinadas a regadío.....	49
Tabla 8: Estándares para Aguas Destinadas a Uso Recreativo con Contacto Directo.....	51
Tabla 9: Estándares para Aguas Destinadas a Vida Acuática (aguas dulces).....	52
Tabla 10: Porcentaje de saturación de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe	128
Tabla 11: Porcentaje de saturación de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León.....	128
Tabla 12: Porcentaje de saturación de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas	129
Tabla 13: Conductividad específica de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe	129
Tabla 14: Conductividad específica de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León.....	130
Tabla 15: Conductividad específica de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas.....	130
Tabla 16: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Temperatura.....	131
Tabla 17: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente puntilla león	131
Tabla 18: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas	132
Tabla 19: Demanda química de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe.....	132
Tabla 20: Demanda química de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León.....	133
Tabla 21: Demanda química de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas.....	133
Tabla 22: Nitrógeno total de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe.....	134
Tabla 23: Nitrógeno total de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente puntilla de león.....	134
Tabla 24: Nitrógeno total de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa bombas ...	134
Tabla 25: Concentración de Nitrato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe	135
Tabla 26: Concentración de Nitrato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León	135
Tabla 27: Concentración de Nitrato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas.....	136

Tabla 28: Concentración de Nitrito de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe	136
Tabla 29: Concentración de Nitrito de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León	137
Tabla 30: Concentración de Nitrito de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas	137
Tabla 31: Concentración de Ortofosfato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe	138
Tabla 32: Concentración de Ortofosfato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León	138
Tabla 33: Concentración de Ortofosfato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas	139
Tabla 34: Concentración Oxígeno disuelto de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe	139
Tabla 35: Concentración Oxígeno disuelto de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León	140
Tabla 36: Concentración Oxígeno disuelto de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas	140
Tabla 37: Fósforo total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe	141
Tabla 38: Fósforo total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León	141
Tabla 39: Fósforo total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas	141
Tabla 40: pH de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe	142
Tabla 41: pH de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León	142
Tabla 42: pH de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas	143
Tabla 43: Transparencia las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe	143
Tabla 44: Transparencia las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León	144
Tabla 45: Transparencia las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas	144
Tabla 46: Fecha y hora de muestreo.	145

the farmers must have a extreme precaution with the cultures that need a pH not so alkaline. In respect to the use of water for direct contact, it's not suitable, because many variables disagree with the norm.

We did also a current diagnosis of the actual trophic estate of the lagoon. For this were selected other variables monitored by DGA (total nitrogen, total phosphorus, chlorophyll α , transparency), here the waters turned out in an estate of eutrofic or hyper trofic, depending on the parameter studied.

In addition we studied if there is a difference in the variables selected between the different sectors where DGA does monitoring (House of Bombs, Drain and León's Top) in order to relate the agricultural zones to some sector of the lagoon that could have increased values of some parameter, it turned out that the lagoon has such as anthropic controlled, that it wasn't possible to relate a connection between an specific activity with the increase of the levels of some component.

On the other hand as the DGA realized four campaigns of sampling per year (summer, autumn, winter and spring) we evaluated the behaviour per season of the levels for every monitored variable.

We proposed many possible solutions to stop or at least minimize deterioration of the lagoon, these are named bellow: Control and prevention of the lagoon water contamination, Control of the extractions and diversions of the water of the lagoon,

Control measures inside the lagoon, Recommendations for Residential use, Tourism and recreation Management and Uses of the Soil.

Finally, it is possible to say that it's of high importance to continue with the monitoring of the lagoon or to realize a water analysis where the parameters that are recommended to measure those which are in the norm to have a point of comparison with regulations in Chile.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Eutrofización

La eutrofización, inicialmente, se estudió como un proceso natural -eutrofización natural-, para conocer el transcurso del “envejecimiento” de los lagos inducido por procesos autóctonos. Sin embargo, este término se utilizó posteriormente para definir el fenómeno provocado por los vertidos de los desechos de actividades humanas, llamándolo *proceso de Eutrofización cultural* o simplemente *eutrofización*. Inicialmente, se definió como “*el ingreso excesivo de los nutrientes nitrógeno y fósforo a los cuerpos de agua, con el consecuente crecimiento acelerado de microalgas, que puede producir la muerte de peces al disminuir del oxígeno que necesitan para vivir*” (Leyton, 2007).

En general, la eutrofización puede ser causada por la acumulación gradual de nutrientes y biomasa orgánica acompañada por el aumento en la fotosíntesis y un descenso en la profundidad promedio de la columna de agua (causado por la demanda de agua y acumulación de sedimento). Lo cual constituye la eutrofización natural. Este proceso natural es agudizado por actividades humanas, hasta límites intolerables los cuales producen estados tróficos tales como los de la Laguna de Aculeo. (Andaur, 2008) (Sea Grant, 2002).

Además es importante mencionar que en sistemas eutróficos como la Laguna de Aculeo existe una alta demanda de oxígeno durante la noche, debido a la respiración de los organismos y a la descomposición de materia orgánica esto hace que el oxígeno

disminuya progresivamente su concentración en profundidad, llegando en algunos casos hasta la anoxia. (Vila, 2003).

1.1.1 Relación calidad de agua con el nivel trófico

A continuación se muestra en la Tabla 1 los niveles tróficos diferenciados por valores límites específicos para cada variable de calidad de agua: fósforo total, nitrógeno total, clorofila α y profundidad medida con disco Secchi, para lagos someros.

Tabla 1: Niveles tróficos de lagos someros (Andaur, 2008)

Estado trófico	Fósforo total (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)	Clorofila α (μg/L)	Profundidad disco Secchi (m)
Oligotrófico	< 0,03	<0,6	<10	>4
Mesotrófico	0,031-0,05	0,6-1	11-20	2-4
Eutrófico	0,05-0,1	1-2	21-30	1-2
Hipertrófico	>0,1	>2	>30	<1

1.2 Características de la zona en estudio

La Laguna de Aculeo es el sistema límnic natural más grande de la zona central, constituyéndose en un ecosistema de humedal escaso y de alto valor ambiental debido a los servicios que aporta. Sin embargo, su alta vulnerabilidad, debido al avance de la urbanización y otras presiones antrópicas asociadas, resultan en una persistente pérdida de calidad tanto para sus aguas como para su entorno terrestre. A continuación se dan a conocer las características más relevantes de la zona en estudio.

1.2.1 Ubicación geográfica

La Laguna de Aculeo se ubica en la hoya hidrográfica del Maipo en la comuna de Paine, a 50 km. al suroeste de Santiago (Paredes, 2009). A continuación se muestra una imagen satelital de Google Earth con una vista de sur a norte de la cuenca de la Laguna de Aculeo. En la parte superior se puede ver el cauce del río Maipo y parte de Isla Maipo y en primer plano el cerro nevado de los Altos del Cantillana con 2000 metros de altura aproximadamente que se ubica hacia el sur del eje de la Laguna. (Laguna de Aculeo, Chile, 2000).

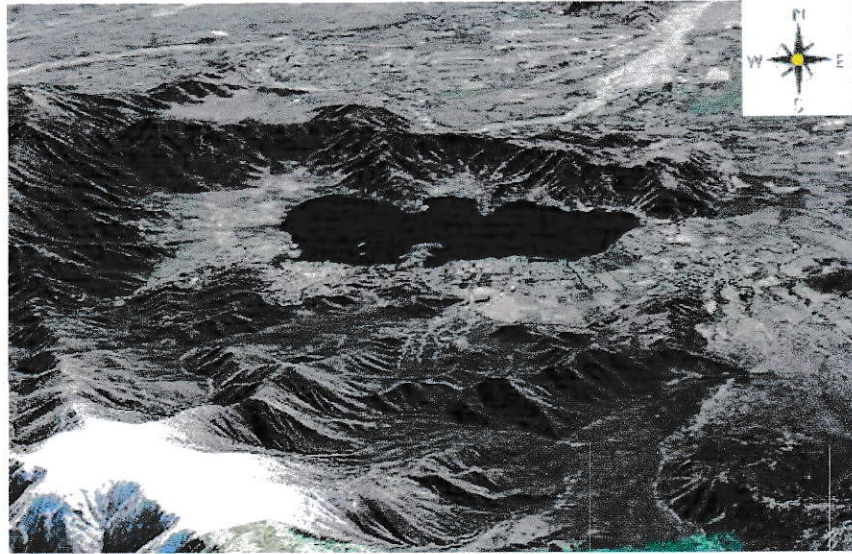


Figura 1: Imagen satelital de Laguna de Aculeo. (Laguna de Aculeo, Chile, 2000)

1.2.2 Clima

La Laguna de Aculeo posee características del clima mediterráneo que comprende entre las cuencas del Río Aconcagua (32° S) y la cuenca del Río Toltén (38° S). Las temperaturas de esta zona climática son moderadas, con un promedio anual de 16° - 14° C. aproximadamente. Las precipitaciones en este clima, aumentan hacia el sur y los relieves altos ubicados a barlovento son más lluviosos que a sotavento, es decir, el sector de la depresión intermedia, las cantidades de lluvia son menores. La Laguna obtiene más precipitaciones que Santiago, gracias a un microclima influido por la masa boscosa rodeada por un anillo montañoso, que ayuda a conservar la humedad ambiente. (Laguna de Aculeo, Chile, 2000).

1.2.3 Balance hídrico de la Laguna y aporte de sedimentos a la Laguna

Los efluentes y afluentes de una laguna, son determinantes en su composición. Estos pueden afectar directa o indirectamente la composición química y biológica de la laguna en relación con la cantidad y calidad del agua que entra principalmente. Además hay otros factores que afectan a la composición de las aguas de la Laguna, como: la vegetación, el clima, la morfología, las actividades económicas desarrolladas alrededor el cuerpo de agua, entre otras.

La Laguna de Aculeo no tiene afluentes de agua que la alimenten constantemente. Los principales afluentes o efluentes de la Laguna según la estación y el nivel de agua son el Estero Las Cabras, en la zona sur de la Laguna, y el Estero Santa Marta (también llamado Aculeo) en la zona sureste; este último proviene desde el Estero Pintué y se conecta con el Estero Peralillo por el este en la base de la Loma Los Letreros. Las confluencias de las Quebradas Las Cortaderas, El Luche y Los Maquis en el subsistema Rangue ubicado al Oeste, llegan directamente a la ribera de la Laguna. Por otra parte, las aguas que drenan desde las Quebradas La Palmilla, Macaco, El Gallo y El Boldo, confluyen en el Estero Las Cabras en la orilla sur de la laguna. (Centro de Estudio para el Desarrollo, CED, 2008).

El nivel de agua es regido por aportes pluvionivales estacionales, con máximos pluviales en julio-agosto, y máximos nivales en septiembre-octubre. Cabe destacar que el mayor aporte de agua es por las lluvias, donde su precipitación media anual es de 577,3 mm.

Es por esto, que resulta importante considerar el balance hídrico, para la interpretación de los datos. Cuando hay menos agua la concentración de nutrientes o contaminantes, aumenta. A continuación una figura que representa este balance hídrico.

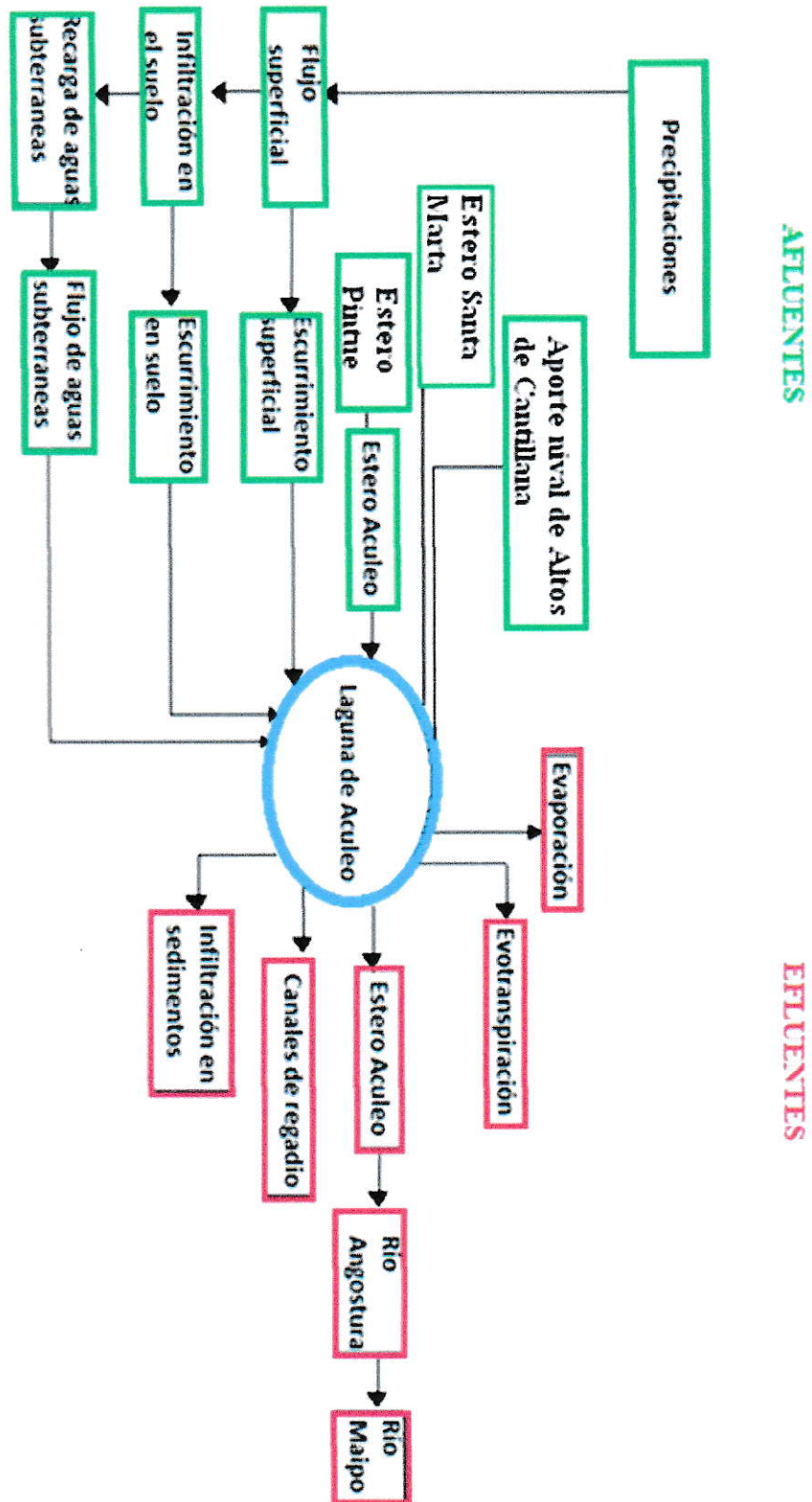


Figura 2: Balance hídrico Laguna de Aculeo.

Aporte Hídrico Directo

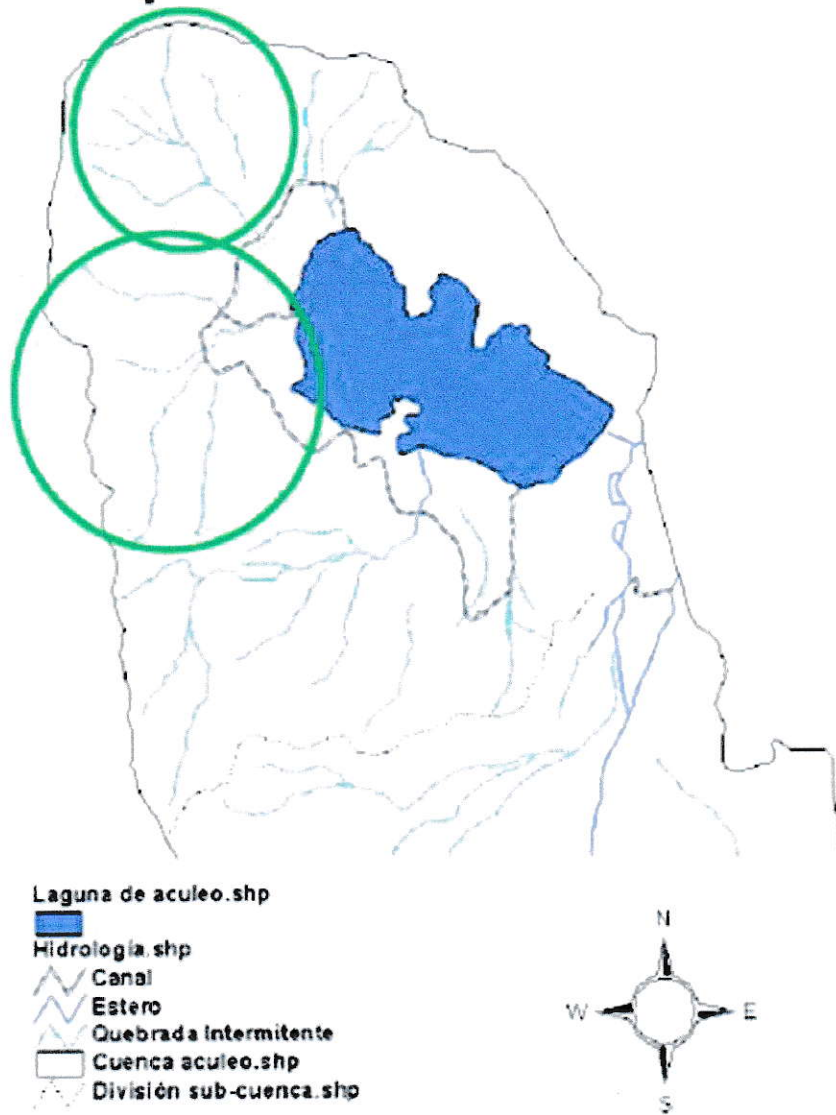


Figura 3: Zonas de mayor aporte hídrico de Laguna de Aculeo. (Centro de Estudio para el Desarrollo, CED, 2008).

Respecto de los aportes sedimentarios a la Laguna de Aculeo, constituidos principalmente por andesitas y granodioritas con ausencia de carbonatos, tiene diversos orígenes: la escorrentía propia de los subsistemas identificados; la intervención antrópica de las laderas por deforestación y urbanización; la extracción de áridos que remueve rocas y sedimentos; y la intervención de la ribera con la construcción de muros de contención y camellones. Esto, sumado a las abruptas pendientes en el entorno de la Laguna y de la cuenca en general y a las lluvias torrenciales de Julio-Agosto, eleva el aporte de sedimentos contribuyendo a la disminución de la profundidad de la Laguna en los últimos 30 años. Los subsistemas que presenta una mayor tasa de aporte de sedimentos son: Estero Las Cabras (301 ton), Rangue (273 ton), Rincón de Las Ánimas (237.5 ton), y Quebrada Casa de Piedra (183.9 ton). (Centro de Estudio para el Desarrollo, CED, 2008).

1.2.4 Batimetría de la Laguna

La batimetría o distribución de profundidades de la Laguna fue realizada en un estudio limnológico hecho por la facultad de Ciencias de la Universidad de Chile en 1987. Lamentablemente posterior a eso no se ha hecho un nuevo estudio de la batimetría de la Laguna pero si se han realizado mediciones de profundidad de forma esporádicas, donde se ha detectado la disminución de las profundidades la cual afecta directamente a las condiciones actuales que posee la Laguna.

De todas formas se indica el mapa batimétrico realizado en 1987 con el fin de comparar con nuevos datos de profundidades y además indicar las zonas donde monitorea la DGA.

La zona central de la Laguna es denominada Puntilla de León y tiene una profundidad entre 3-6 metros. Mientras que el sector Noreste denominado Desagüe, alcanza una profundidad de 2-3 metros. Y, por último, la zona con menos profundidad llamada Casa de Bombas, la cual solo posee entre 0-2 metros. (Mühlhauser & Vila, 1987).

Las 3 zonas señaladas en colores en la Figura 3 representan los tres lugares donde monitorea la DGA, además se observa las distintas profundidades:

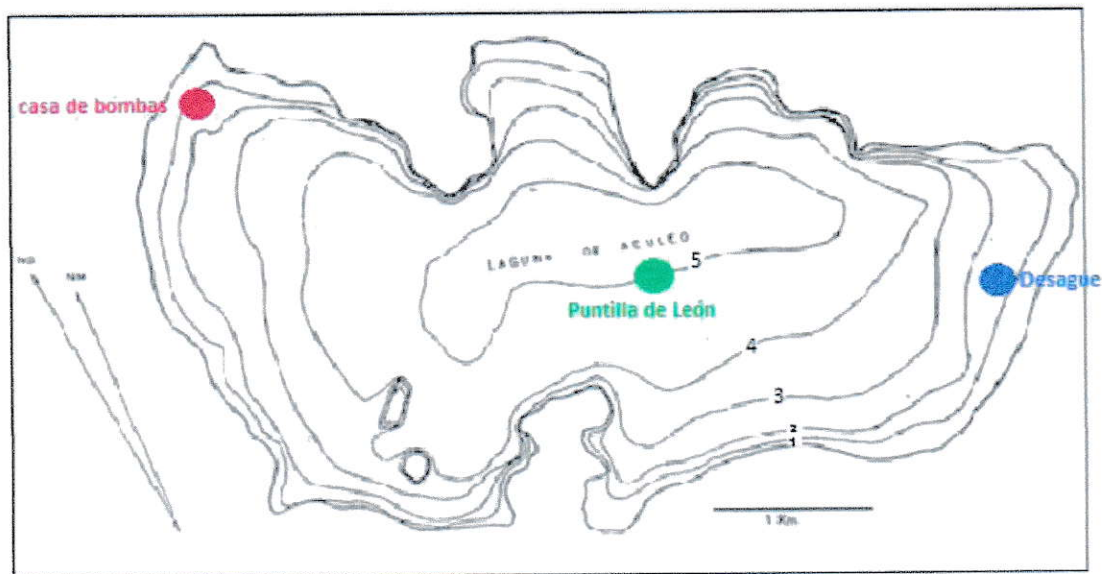


Figura 4: Batimetría Laguna de Aculeo. Modificado de (Mühlhauser & Vila, 1987)

Distintos factores han contribuido con la disminución de la profundidad de la Laguna la cual ha llegado a incluso a 2 metros en temporadas más secas. Según los diversos datos aportados por la literatura científica e informes de la DGA, la profundidad de la columna de agua parece ser un factor determinante en la dinámica trófica de la laguna. Hay un ciclo estacional que sugiere máximos en épocas de intensas lluvias, por lo general entre julio y agosto, y en época de deshielos entre septiembre y noviembre. Por otra parte hay una variabilidad inter-anual que puede estar determinada por años de mayor o menor sequía; considerando que la zona central de Chile posee un clima mediterráneo a semi-desértico, con inviernos lluviosos y fríos y veranos largos y muy secos, esto podría explicar la dinámica natural de la batimetría de la laguna; sin embargo, existen otros hechos como el fenómeno del El Niño y La Niña que podrían determinar grandes variaciones en la batimetría del espejo de agua. (CED, Región Metropolitana, 2008).

A continuación se muestra mediciones de profundidad y precipitaciones promedio en el periodo del 1993-2006. En esta Figura se observó que las profundidades más bajas son verano y las más altas en invierno y primavera, lo cual es de esperar. Analizando la profundidad promedio más alta fue en invierno y solo alcanzó alrededor de 4,3 metros. Y en verano el promedio más bajo fue 3,2 m.

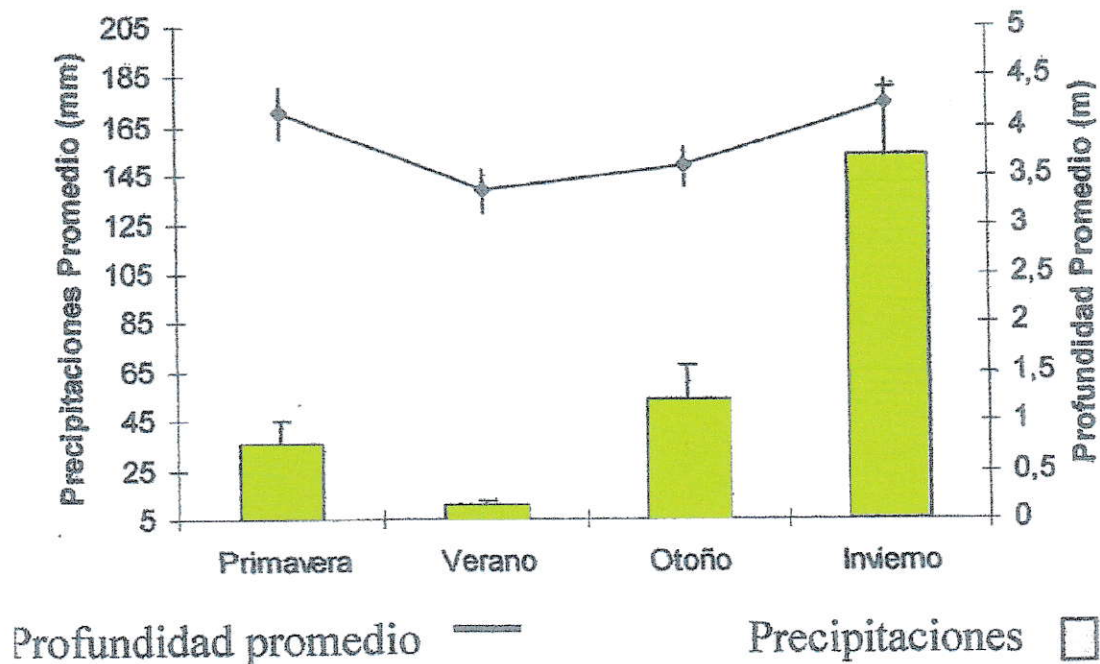


Figura 5: Precipitaciones y profundidad de la Laguna de Aculeo en las estaciones del año del periodo del 1993-2006

1.2.5 Viento

La dirección y velocidad del viento tanto en la cuenca como en la misma masa de agua puede ejercer una acción en el reciclamiento de nutrientes al provocar la mezcla de la columna de agua y favorecer el intercambio agua – sedimento de nutrientes, esto se acentúa especialmente en cuerpos de agua de poca profundidad como Laguna de Aculeo (3,5 m en promedio). Si bien el viento cumple una función oxigenadora en las masas de agua, en la Laguna de Aculeo toma un papel muy importante en el deterioro de la masa de agua al mezclar los sedimentos y nutrientes con el agua. (Leyton, H. 2007).

1.2.5 Alto endemismo e intervención: Hotspot a nivel mundial.

La cuenca de Laguna de Aculeo se caracteriza por poseer una cubierta vegetal que si bien es común dentro de Chile, es considerada singular y única a nivel mundial. Según la clasificación de Dinerstein (1995) la Ecorregión de Matorral Mediterráneo de Chile es el único ecosistema de su clase en América del Sur, y uno de los cinco ecosistemas de este tipo en el mundo. (Manssur, M, 2005)

1.2.6 Actividades antrópicas y su impacto

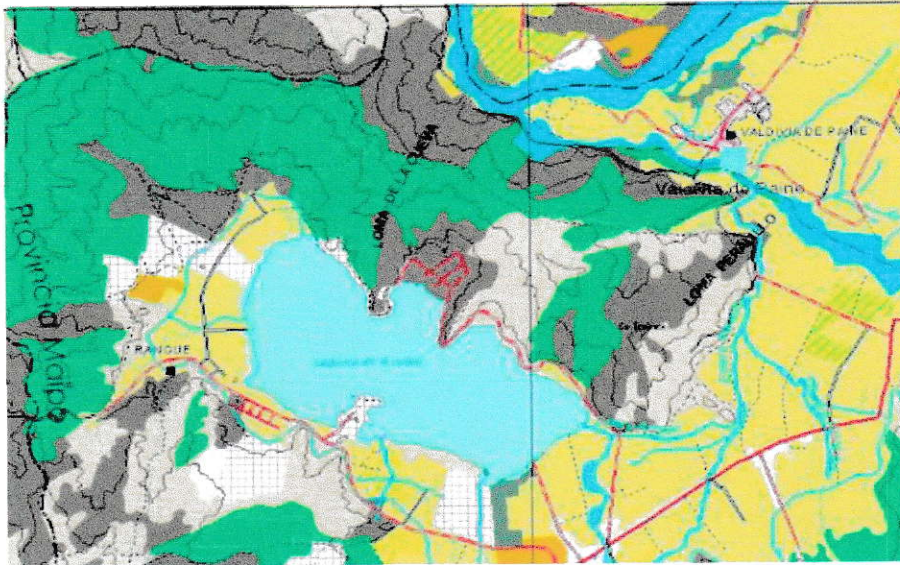
La Laguna de Aculeo se ve afectada por un sin número de actividades antrópicas que se practican dentro y fuera de ella. Las cuales contribuyen con el proceso de eutrofización que se encuentra la Laguna. Algunas de las actividades más relevantes identificadas en la zona de estudio son las siguientes:

- Embancamiento de la Laguna, por deforestación y tronadura de laderas, erosión de quebradas aportantes de agua y exceso de caminos intraprediales en urbanizaciones de laderas.
- Eutrofización natural de la Laguna por aumento de la concentración de microalgas, lo que es potenciado por acciones humanas.
- Contaminación de la Laguna por vertimiento de aguas servidas desde propiedades ribereñas y vertimiento de hidrocarburos desde lanchas.

- Relleno de ribera para ganar terreno por parte de particulares, especialmente en campings, y construcción de obras como muelles y petriles que impiden el normal curso de las aguas (recirculación y crecidas naturales estacionales).
- Pérdida de biodiversidad acuática y de hábitats de reproducción (ej.: pejerrey, avifauna).
- Exceso de extracción de agua de la Laguna por parte de particulares sin derechos de agua adquiridos.
- Degradación y erosión de suelo en orillas de cauces y suelos agrícolas.
- Fragmentación del paisaje y ecosistemas por crecimiento inmobiliario y construcción de caminos y senderos transversales, sobre todo en quebradas aportantes y corredores biológicos.
- Extracción irregular de tierra de hoja desde ecosistemas de ladera.
- Residuos sólidos domiciliarios en los caminos comunales y vía pública, especialmente en temporada alta.
- Depósito ilegal de desechos en quebradas y caminos interiores, especialmente escombros, electrodomésticos y enseres desechados.

- Alteración de cauces naturales y laderas por desarrollo inmobiliario en la cuenca.

A continuación la Figura 6 detalla un mapa donde se indica algunos usos que se da a los suelos alrededor de la Laguna.



USOS DEL TERRITORIO

Uso Urbano (4)

- Limite area urbana consolidada
- Preferentemente residencial
- Preferentemente mixto
- Industrial
- Asentamiento menor
- Recreacional
- Parcela de agrado

Uso Forestal (4)

- Plantación

Patrimonio Natural (3)

- Bosque y renoval nativo
- Matorral arborescente
- Matorral con suculentas
- Humedal y vega
- Estepa andina central
- Glaciar y nieve
- Rio y laguna
- Altas cumbre sin vegetacion permanente

Uso Agropecuario (4)

- Cultivo anual
- Parronal y vifia
- Frutales
- Pradera
- Agroindustrial

Infraestructura Vial y de Transporte (1)

- Autopista
- Pavimentado
- Sin pavimentar
- Eje de calle al interior de la planta urbana
- Linea férrea
- Túnel
- Puente
- Pista de aterrizaje
- Aeropuerto y aeródromo

Infraestructura Energética

- Central y subestación eléctrica (1)
- Centro nuclear (8)
- Linea de alta tensión (1)
- Gasoducto (8)

Figura 6: Uso de suelo alrededor de la Laguna de Aculeo. (SEREMI del Medio Ambiente, 2011)

En seguida se detallan las distintas actividades que mas influyen sobre la Laguna.

1.2.6.1 Actividad agrícola

La Laguna de Aculeo permitió el desarrollo de la agricultura en el valle de Aculeo, se sabe que desde antes del 1800 ya se practicaba una agricultura incipiente, la cual se masificó en 1911, cuando la familia Letelier implementó un innovador sistema de canales de riego, impulsado por bombas eléctricas, sistema que funciona hasta hoy, y que implicó el desarrollo de la Hacienda, irrigando todo el valle con aguas de la Laguna. (Altos Cantillana, 2012)

Es la principal actividad productiva de la zona, predominando la agricultura anual intensiva con cultivos tradicionales, como el trigo en invierno, y maíz y grano seco en verano.

Uno de los impactos generados por esta actividad es el de la quema de rastrojos, haciéndose crítica cuando ocurre fuera de la calendarización de “Quema Controlada” formalizada a través del DS 276/1980. Estas actividades dinamizan el mercado laboral de la zona, generando empleos e ingresos para la población local. Se desarrolla en suelos regados de origen sedimentario, con capacidades de uso II y III, principalmente en sectores aledaños a la ribera sur de la Laguna Aculeo.

Se ha observa una reducción de las tierras arables a causa del desarrollo inmobiliario, generándose una disminución en la superficie de cultivos anuales, lo que favorece la consolidación de la horticultura y viñedos, y el auge de nuevas producciones

como el champiñón y el incipiente cultivo de caracoles en el Sector de Abrantes. El uso agrícola destinado a subsistencia se desarrolla alrededor de la laguna abarcando una superficie de 1.500 hectáreas, de las cuales cerca el 60% corresponde a cultivos de maíz. La mayoría de los campesinos de Pintué, Los Hornos y Rangue mantienen cultivos tradicionales orientados al desarrollo de chacras, hortalizas y cereales, comercializándose un pequeño excedente en mercados locales.

Se registra un aumento de especies frutales como cultivos modernos, específicamente cítricos y paltos, destinados a la exportación o a la comercialización en los grandes mercados nacionales.

Las explotaciones frutícolas se relacionan principalmente con la comercialización local y exportación de los productos: kiwis, cítricos, cerezos, ciruelos y parronales.

Hoy en día la agricultura es una de las actividades que más se practican en los alrededores de la Laguna debido a la gran extensión de suelo que se utiliza para dicho uso (Ver Figura 6 color amarillo y amarillo claro).

Predomina la agricultura anual con cultivos tradicionales, es decir, trigo en invierno y maíz y grano seco en verano. (Centro de Estudio para el Desarrollo, CED, 2008).

Utilizan sistemas de riego por surco que resultan ineficientes durante la época estival cuando disminuye ostensiblemente el nivel de agua de la Laguna

1.2.6.2 Actividad ganadera

En la zona se encuentra principalmente ganado de vacuno. Según inspecciones visuales, no existe impacto significativo en los suelos. Sin embargo el riesgo aumentaría si se relaciona con la extracción de tierra de hoja en las laderas, ya que el desnudamiento de los suelos y los nuevos senderos abiertos para los animales producirían un efecto conjunto negativo de erosión del suelo por parte de esta actividad, creando las condiciones propicias para el transporte de sedimentos, disminuyendo el volumen del agua, lo que implica necesariamente la concentración de nutrientes en la Laguna, tales como, nitrógeno, en forma de nitrato y amonio, y fósforo, como fosfato, a la vez cationes como potasio (K^+) magnesio (Mg^{+2}), etc. (Leyton, 2007).

En la ribera norte de la Laguna, sector denominado Cajón de Aculeo, se establece una actividad ganadera silvopastoril de caracteres extensivos, en terrenos con pendientes de hasta 30% con formaciones vegetales similares a las mencionadas. (Centro de Estudio para el Desarrollo, CED, 2008).

1.2.6.3 Actividad inmobiliaria y residencial

La actividad residencial corresponde a proyectos inmobiliarios desarrollados alrededor de la Laguna de Aculeo, lo cual se ha traducido en un crecimiento exponencial en la intensidad de uso del suelo y el surgimiento de segundas residencias con la venta de parcelas de agrado en los bordes de la Laguna y de grandes extensiones de cerros, lo

que ha implicado cambios en el entorno paisajístico, cambios de uso de suelo y una gran intervención al medio. (Leyton, 2007).

El incremento de estas zonas residenciales ha reducido las zonas agrícolas con una disminución de cultivos anuales y la consolidación de la horticultura y viñedos, especialmente en sectores aledaños a la ribera sur de la Laguna de Aculeo. Esto ha provocado que existan mayores terrenos erosionados debido a la construcción de viviendas, lo que a su vez deja desechos de construcción que debido a malas prácticas no son eliminados. Esto causa que llegue este tipo de material a la Laguna y contribuya con la acumulación de sedimentos que finalmente disminuye la profundidad de la Laguna.

1.2.6.4 Actividad turística

La temporada estival corresponde a la temporada con mayores registros de aumento de población, el cual bordea las 10.000 personas. Esto sumado a que la mayor parte de las casas carece de sistemas de purificación de aguas servidas o de algún sistema de alcantarillado incrementa los problemas de la eutrofia en la Laguna.

En la Laguna de Aculeo se presentan fundamentalmente dos tipos de prácticas turísticas: turismo residencial y el turismo de camping. El primero representa una parte importante de todo el borde costero de la Laguna, lo que antiguamente correspondía a predios dedicados a otros usos, principalmente agrícola. El turismo de camping representa una alternativa en progresivo aumento por la demanda que existe para la práctica de deportes náuticos. (Leyton, 2007). Uno de los problemas de estos campings

es la baja calidad de los sistemas sépticos, los cuales son una fuente importante de nutrientes que también van a parar a las aguas, por escurrimiento subterráneo. (Laguna de Aculeo, Chile, 2000).

Por otro lado el uso indiscriminado por parte de los turistas y residentes de lanchas, motos de agua y otros equipos que poseen un motor de dos tiempos, cuya combustión bota aceite que se acumula en las aguas, las que, además, poseen un bajo nivel de recambio. Un 80% de los vehículos acuáticos en la Laguna de Aculeo tiene este sistema mezclero. (Argandoña, 2011). A esto se agrega la existencia de una estación de venta de combustible en zonas de alto oleaje (Camping Pintué), produciéndose derrames en las orillas y/o directamente en las aguas, según el nivel de agua de la Laguna. (Laguna de Aculeo, Chile, 2000).

1.2.6.5 Actividad forestal

La principal actividad desarrollada es la extracción de madera para leña y carbón la cual ha provocado importantes impactos sobre la vegetación nativa y los suelos.

Algunos puntos importantes de aclarar son que el impacto provocado por la extracción de leña es mínimo, en el caso que sea solo para fines no comerciales, es decir, de uso como combustible por parte de los lugareños, lo cual no contribuye mayormente a la degradación de la vegetación nativa, e incluso pueden resultar beneficiosas para un mejor crecimiento y mantención del bosque. Sin embargo si la explotación es con fines comerciales la degradación es importante, por ejemplo lo que ocurre con la fabricación de carbón en el lado oeste de la cuesta el cepillo con la explotación del espino, donde las

cantidades sacadas son importantes impidiendo la regeneración natural del bosque. (Leyton, 2007).

El abandono en los esteros cercanos a la Laguna de residuos forestales y restos del aprovechamiento maderero, aumenta la materia orgánica disuelta, favoreciendo la proliferación de flora eutrófica como berros y lenteja de agua, que a su vez remansa la corriente y disminuye el espejo del agua.

El humus generado a partir de las ramas, restos de extracción de leña y hojas constituye una reserva importante de nitrógeno para la cuenca, sin embargo, la congelación y el deshielo para la capa superior del suelo pueden provocar un aumento de la liberación del nitrato del humus (Leyton, 2007).

1.2.6.6 Ámbito institucional

Este ámbito influye sobre todas a las actividades antrópicas antes mencionadas.

Se encontró que existe poca claridad sobre competencias de servicios públicos sobre la Laguna y escaso compromiso estatal para priorizar el territorio, fiscalizar las acciones, sancionar las ilegalidades y proteger la cuenca. Esto acompañado de una falta generalizada de regulación y fiscalización.

Hay escasos recursos municipales tanto humanos como financieros lo cual hace mas difícil y poca información sobre los beneficios disponibles en el municipio para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la cuenca

Además hay una escasa planificación sobre desarrollo urbano y rural en la cuenca.

Todo esto hace más difícil el control de las actividades antrópicas que contribuyen con el deterioro de la Laguna.

1.3 Matriz de Leopold

Una matriz de Leopold permite identificar impactos y su origen, sin proporcionar un valor. Sin embargo permite, estimar la importancia y magnitud de los impactos con la ayuda de un comité de expertos.

La *magnitud* del impacto hace referencia a su cantidad física; si es grande o pequeño dependerá del patrón de comparación, y puede tener el carácter de positivo o negativo, si es que el tipo de modificación identificada es deseado o no, respectivamente. Este valor se indica sobre la diagonal que divide cada celda de la matriz.

La *importancia*, sólo puede recibir valores positivos, queda dada por la ponderación que se le asigne y puede ser muy diferente de la magnitud. Si un contaminante, por ejemplo, degrada fuertemente un curso de agua en una región muy remota, sin fauna valiosa ni asentamientos humanos, la incidencia puede ser reducida. En otras palabras, significa una alta magnitud pero baja importancia. Este valor se indica bajo la diagonal que divide cada celda de la matriz.

En la Figura 7 se observa el lugar que corresponde para magnitud e importancia en una celda de la matriz de Leopold.

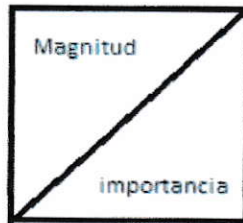


Figura 7: Representación de magnitud e importancia en una celda de la matriz.

En relación a las actividades antrópicas y sus impactos sobre la Lagunas anteriormente mencionados se modificó y/o actualizó una matriz ambiental de Leopold realizada por (D. Rojas, 1994) (Figura 8) para comparar las actividades Antrópicas que deterioran la calidad de la masa de agua de la Laguna de Aculeo, y así analizar el grado de impacto que tiene cada una sobre la Laguna.

Componentes ambientales		Acciones que causan impacto								
		Actividad forestal		Incendios forestales	Inmoviliarias	Construcción de caminos	Actividad agrícolas	Actividad ganadera	Actividades turísticas y recreacionales	
		Leña	Tierra de hoja						Deportes náuticos	Campings
Flora	Especie arboracia	5 4	9 8	9 8	8 7	5 5	2 1	3 3	-	2 1
	Especie arbustiva	4 3	3 2	8 7	7 7	4 4	1 1	5 4	-	1 1
Suelo	Humus	4 3	9 9	5 4	8 8	7 7	6 5	7 6	-	1 1
	Suelo	4 3	9 8	3 2	8 8	7 7	6 5	8 7	-	2 1
	Sustrato	2 1	5 4	2 1	6 5	7 6	6 5	2 1	-	2 1
Laderas		4 3	6 8	9 9	8 8	5 4	2 2	6 5	-	6 5
Agua	Laguna	4 3	7 6	4 4	5 6	3 4	4 5	3 3	9 9	5 5

Figura 8: Matriz de Leopold. Fuente: modificado D. Rojas (1994)

1.4 Gestión y administración del recurso: DGA (Dirección General de Aguas

La Dirección General de Aguas (DGA) es el organismo del Estado que se encarga de promover la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación eficiente, como también de proporcionar y difundir la información generada por su red hidrométrica y la contenida en el Catastro Público de Aguas con el objeto de contribuir a la competitividad del país y mejorar la calidad de vida de las personas. (Ministerio de Obras Publicas)

En el año 1983 comenzó con estudios destinados a establecer una red de calidad de aguas en lagos y embalses. Actualmente la red cuenta con 63 estaciones de monitoreo en 17 cuerpos lénticos distribuidos en la regiones IV, VI, VIII, IX, X y Metropolitana (DGA, 2002).

La Laguna de Aculeo comienza a monitorearse con 3 estaciones en 1988 las cuales se indicaron en la Figura 4. Los datos fueron monitoreados estacionalmente durante el año estas son: otoño, invierno, primavera y verano. Sin embargo se dejó de monitorear en el año 2008. Estos datos son manejados por el ministerio del medio ambiente y los cuales me fueron proporcionados para establecer un orden, realizar un tratamiento de datos y darles una interpretación.

1.5 Calidad de agua

Para determinar la calidad de las agua se utilizó la Norma Chilena oficial N° 1.333 la cual establece estándares o variables de calidad ambiental. Al comparar la norma con los datos obtenidos por la DGA permite detectar si alguna variable no esta cumpliendo con la norma, o bien detectar si hay algún parámetro que esté cercano a superar los límites establecidos. Con se define si el recurso agua se puede utilizar al uso que se le esta dando.

Las variables que están normadas y a la vez son monitoreados son: pH, conductividad específica, temperatura, oxígeno disuelto y transparencia. A continuación se muestran los valores utilizados.

Tabla 2: Estándares para Aguas Destinadas a regadío

Indicador	Unidad	Requisito
pH	Unidad	5,0 - 9,0
Conductividad específica	mS/cm	< 750

Tabla 3: Estándares para Aguas Destinadas a Vida Acuática (aguas dulces)

Indicador	Unidad	Requisito
pH	unidad	6,0 – 9,0
Oxígeno disuelto	mg/L	> 5,00

Tabla 4: Estándares para Aguas Destinadas a Uso Recreativo con Contacto Directo

Indicador	Unidad	Requisito
Transparencia o claridad	metros	> 1,20
pH	unidad	6,5 – 8,3
Temperatura	°C	>30

Además se utilizó la siguiente tabla para relacionar la calidad de agua con la condición trófica de las aguas.

Tabla 5: Condición trófica y relación con la calidad del agua (Parra, 1989)

Uso del agua deseado	Condición Trófica (*)	
	Requerido	Todavía tolerable
Producción de agua potable	Oligotrófico	Mesotrófico
Recreación (contacto directo)	Mesotrófico	Suavemente eutrófico
Recreación (sin contacto directo)	Mesotrófico	Eutrófico
Acuicultura	Oligotrófico	Mesotrófico
Riego (por medio de canales)	---	Fuertemente eutrófico
Producción de energía	---	Fuertemente eutrófico

(*) Considerando las concentraciones límites, que tiene cada estado trófico, según OEDC (Organization for Economic Cooperation and Development) (1982):

Oligotrófico: N_{total} : $661 \mu\text{gL}^{-1}$, P_{total} : $8,0 \mu\text{gL}^{-1}$

Mesotrófico: N_{total} : $753 \mu\text{gL}^{-1}$, P_{total} : $26,7 \mu\text{gL}^{-1}$

Eutrófico: N_{total} : $1875 \mu\text{gL}^{-1}$, P_{total} : $84,4 \mu\text{gL}^{-1}$

1.6 Aspecto Legal

En 1978 el Ministerio de Tierras y Colonización, a través de su Dirección de Tierras y Bienes Nacionales, establece que la Laguna de Aculeo es un bien nacional de uso público. En 1988, y en respuesta a consultas de José Letelier, propietario parte de la sucesión Letelier, la Seremi del Ministerio de Bienes Nacionales establece que el álveo de la laguna no es un bien nacional de uso público, ratificando esta conclusión en noviembre de 1990.

El Código de Aguas (D.F.L. 1.122), establece en el artículo 35 que "...en el caso de aguas detenidas, el álveo o cauce de un cuerpo de agua es de propiedad privada, salvo cuando se trate de aguas navegables por buques de más de cien toneladas". En 1994, un oficio de la Dirección de Territorio Marítimo y Marina Mercante, Directemar, dictamina que "La Laguna no es navegable por buques de esta envergadura". (Centro de Estudio para el Desarrollo, CED, 2008).

1.7 Descripción del problema

El estado hipertrófico en que se encuentra la Laguna de Aculeo ha significado una intensa proliferación de algas, plantas superiores acuáticas y su acumulación en cantidades excesivas. Este proceso ha producido cambios perjudiciales en la calidad del agua y en las poblaciones biológicas de la masa de agua, lo cual afecta directamente a las localidades adyacentes que utilizan las aguas de la Laguna en especial a los regantes.

Actividades antrópicas como: las actividades turísticas, la construcción de nuevas residencias, la deforestación en las laderas, las actividades agrícolas y ganaderas, entre otras, han causado efectos negativos ya sea en los alrededores de la Laguna como dentro de ella.

Es por todo esto que resulta interesante el estudio de la contribución del deterioro que tiene la Laguna debido a las actividades antropicas antes nombradas y además investigar el aporte natural que acentua este deterioro.

Por ende en este seminario se pondrá énfasis en el estudio de la calidad de agua, determinación del estado trófico y se realizará una propuesta con el fin mitigar o disminuir el deterioro de la Laguna de Aculeo.

1.8 Hipótesis

Las características intrínsecas y morfológicas de la Laguna de Aculeo han producido la eutrofización de sus aguas, este problema se ha agravado debido al incremento de actividades antrópicas que se practican dentro y en los alrededores de la Laguna. Lo cual se ve reflejado en el no cumplimiento de los estándares de calidad exigidos en la norma Chilena de calidad de Agua N°1.333 y límite entregados por la OEDC.

1.9 Objetivos

1.9.1 Objetivo General

Evaluar la calidad de las aguas de la Laguna de Aculeo comparando los datos históricos monitoreados por la DGA con la Norma Chilena oficial N° 1.333 en el periodo del 2000 al 2008. Además analizar la relación del aumento de las actividades antrópicas con el deterioro de las aguas de la Laguna. Junto a esto idear propuestas con el fin de contribuir con la conservación de la Laguna y evitar el aumento de la eutrofización de sus aguas.

1.9.2 Objetivos Específicos:

- Reconocer ubicación geográfica de las actividades antrópicas que se realizan dentro de la Laguna y sus alrededores.

- Seleccionar las variables más relevantes para este seminario medidos por la DGA del periodo 2000-2008, estos son: (temperatura, conductividad específica, pH, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, clorofila α , transparencia (Disco Secchi), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), nitrógeno total, fósforo total, Demanda Química de Oxígeno (DQO).

- Determinar si los valores de cada variable estudiada ha aumentado, disminuido o mantenido en el tiempo.

-Determinar si se logra apreciar una variabilidad intra anual de los parámetros estudiados.

-Diagnosticar de forma integral el estado ambiental de la Laguna de Aculeo, considerando sus componentes naturales, sociales e institucionales; incluyendo la presión que ejercen las actividades antrópicas practicadas dentro y el los alrededores de la Laguna.

-Diagnosticar el estado trófico de la Laguna y determinar la calidad del agua a partir del grado de eutrofización.

-Evaluar la importancia de continuar con el monitoreo de la Laguna de Aculeo

-Construir una matriz de Leopold para identificar los impactos ambientales y las componentes ambientales afectadas por las distintas actividades antrópicas que se practican dentro de la Laguna y sus alrededores.

-Evaluar en una matriz de Leopold la magnitud e importancia de cada actividad antrópicas identificadas para así poder identificar que actividad es más efectivo proponer una solución para minimizar el problema.

-Promover la protección de la Laguna de Aculeo, con énfasis en la calidad y la abundancia de sus aguas, a través de distintas propuestas que permitan la conservación

de los cauces, laderas y quebradas aportantes de agua. Y controlar los usos y la contaminación de las aguas.

-Proponer soluciones a los problemas de calidad de agua de la Laguna, a través de un enfoque integrado considerando criterios de sustentabilidad y capacidades institucionales del Municipio.

-Aclarar aspectos legales, en relación a derechos de aguas otorgados y dominio privado del lecho de la Laguna.

II. METODOLOGÍA

EL desarrollo de este seminario de título se dividió en las siguientes etapas:

2.1 Recopilación y selección de información

Para la elaboración de este trabajo primero fue necesaria la recopilación de toda la información proveniente de la SEREMI del medio ambiente, DGA revistas científicas, seminarios de títulos, entre otros, para construir la introducción con el fin de tener los conocimientos mínimos para la interpretación de los resultados.

2.2 Reordenamiento de los datos

Debido a la gran cantidad de información que existe en la base de datos de la DGA entregada por El Ministerio del Medio Ambiente primero se seleccionó los parámetros que iban a ser relevantes para la elaboración de este trabajo ya sea para determinar la calidad de las aguas de la Laguna o bien para realizar el diagnóstico del estado trófico de la misma.

Las variables seleccionadas son:

- Calidad de agua: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y transparencia. Estas fueron seleccionadas debido a que se encuentran dentro de los estándares normados por la NCh of. 1.333.

- Diagnóstico del estado trófico: nitrógeno total, fósforo total, clorofila α y transparencia.
- Otros parámetros analizados: porcentaje de saturación de oxígeno, nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrógeno total, fósforo total, demanda química de oxígeno (DQO).

Luego de la selección de los datos se ordenó en Tablas y se graficó la variable dependiente en función del tiempo, construyendo gráficos ya sea en barra o lineales para las distintas interpretaciones y comparaciones a realizar en los resultados.

Se empleó el programa Microsoft Excel® para construir los distintos gráficos, dentro de estos se indicó el valor de la norma mediante una línea punteada para visualizar si sobrepasa los límites máximos permitidos con mayor facilidad.

2.3 Análisis de datos

2.3.1 Calidad de agua

Utilizando los gráficos de barra se analizó a partir de las variables seleccionadas si alguno de estos sobrepasaba los límites exigidos por la norma de calidad de agua (NCh. 1.333). Esta comparación se realizó según los requisitos establecidos en la norma para tres usos que se da al agua. Estos son:

- Requisitos para agua destinada a regadío.
- Requisitos para agua destinada a uso recreativo con contacto directo.
- Requisitos para agua destinada a vida acuática.

Además se determinará el factor estadístico, coeficiente de correlación de Pearson para determinar si existe alguna correlación de las variables estudiadas con el tiempo.

2.3.2 Diagnóstico trófico

Para el diagnóstico trófico se utilizó los siguientes valores los cuales corresponde a los dos niveles más altos de eutrofización para lagos someros.

Tabla 6: valores de nivel eutrófico e hipertrófico para lagos someros.

Estado trófico	Fósforo total (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)	Clorofila α ($\mu\text{g/L}$)	Profundidad disco secchi (m)
Eutrófico	0,05-0,1	1-2	21-30	1-2
Hipertrófico	>0,1	>2	>30	<1

2.4 Interpretación de resultados

Se hizo una comparación de los parámetros medidos en las tres zonas diferentes donde la DGA monitoreaba los parámetros antes mencionados. Estas zonas son Sector Desagüe, Frente Puntilla León y Frente Casa de Bombas, donde es interesante su estudio para establecer si existen diferencias entre cada zona y establecer si tiene relación a una actividad antrópica específica.

Los datos entregados fueron muestreados por 4 campañas por año (verano, otoño, invierno y primavera). Por lo que también se realizó un estudio de las variables para identificar si existe variabilidad intra anual.

También se evaluó como se ha comportado cada variable en el tiempo. Desde 2000 al 2008.

2.5 Propuesta

Se propuso posibles soluciones para evitar que se siga deteriorando la Laguna o al menos minimizar el problema existente.

Estas son:

- Prevención y manejo de la contaminación del agua de la Laguna.
- Balance Hídrico.
- Buenas practicas área turismo y recreación
- Gestión para Usos de Suelos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estudio Calidad del agua

Se realizó un estudio de la calidad del agua de la Laguna de Aculeo en el periodo del 2000-2008, utilizando la norma Chilena de calidad de agua N°1.333. Con el objetivo de demostrar la importancia de continuar con el monitoreo dentro de la Laguna para así hacer un seguimiento al estado de esta, de manera continua o bien para tener datos actualizados del estado ambiental de la misma.

3.1.1 Conductividad específica

La norma Chilena 1.333 indica como valor máximo de conductividad específica $750 \mu\text{S cm}^{-1}$ para Aguas Destinadas a riego.

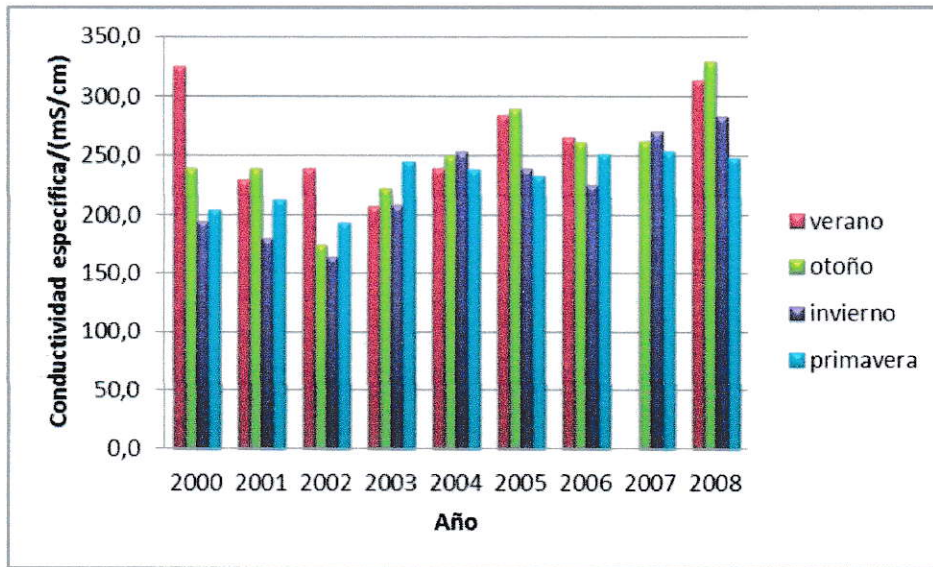


Figura 9: Conductividad específica aguas Laguna de Aculeo sector Desagüe

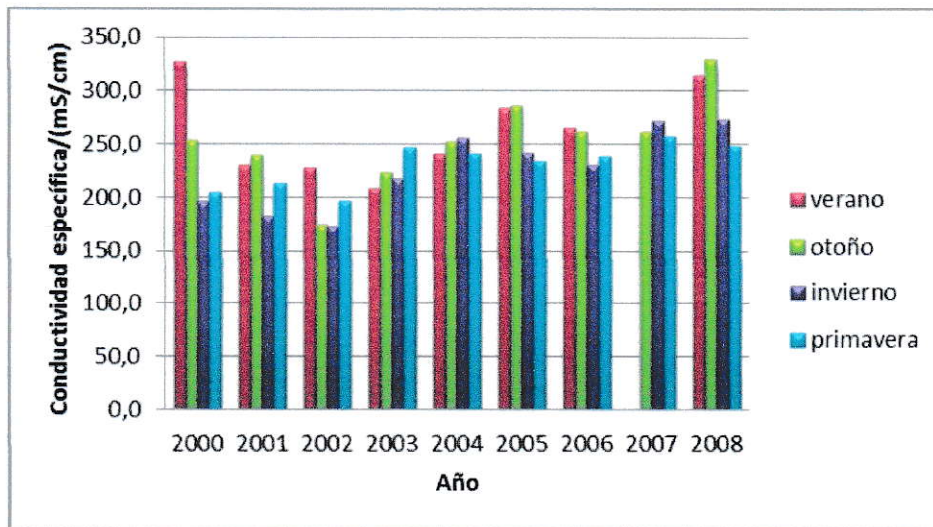


Figura 10: Conductividad específica aguas Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

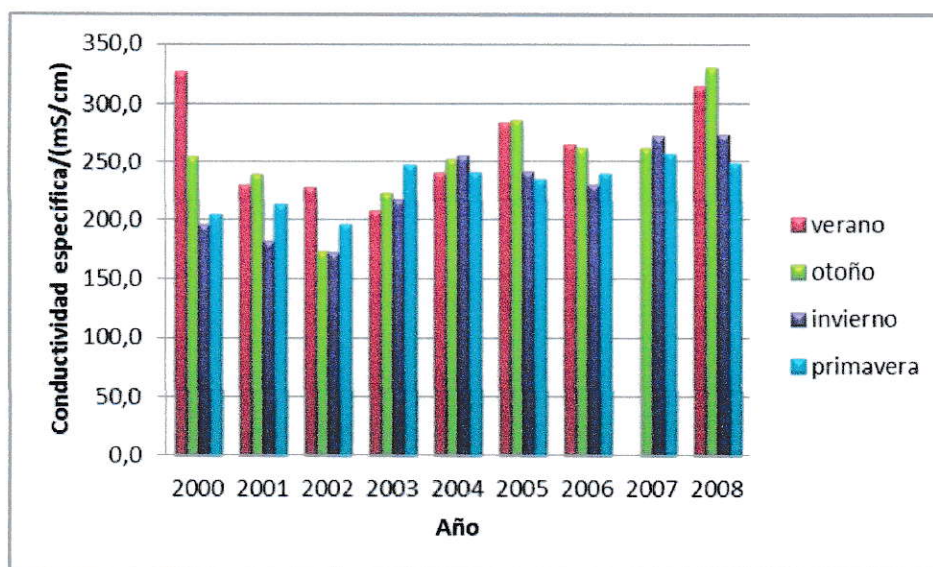


Figura 11: Conductividad específica aguas Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Los valores de conductividad específica de las aguas de la Laguna de Aculeo cumple con la norma ya que todos los valores son menores a los $750 \mu\text{S cm}^{-1}$, de hecho apenas se superan los $350 \mu\text{S cm}^{-1}$, la mitad del valor normado.

3.1.2 pH

La norma 1.333 para los tres usos que se comparó establece rangos de pH, todos los valores mínimos se cumplen por lo que se indicó en los gráficos solo los máximos que son pH 9 (línea negra punteada) para regadío y para vida acuática. pH 8,3 (línea amarilla) para uso recreativo con contacto directo.

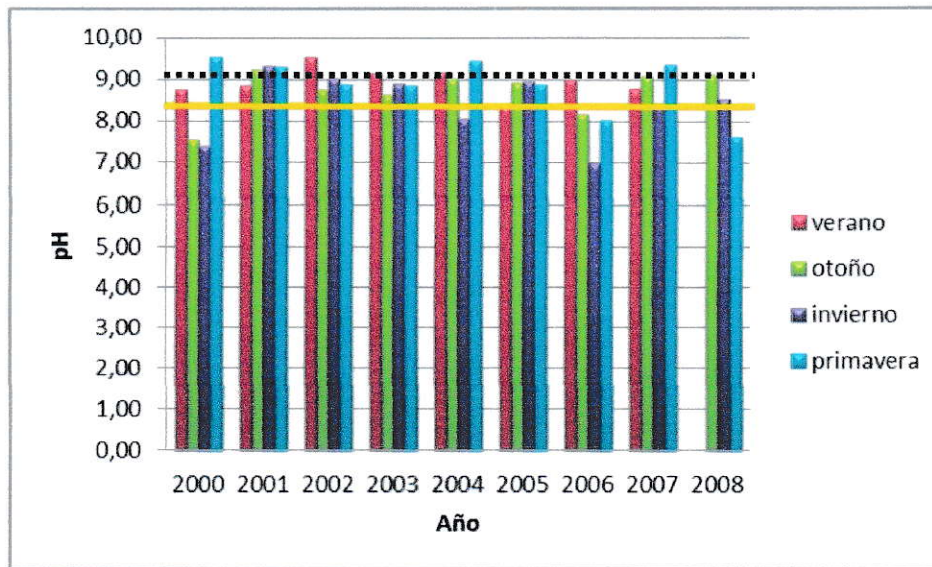


Figura 12: pH de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

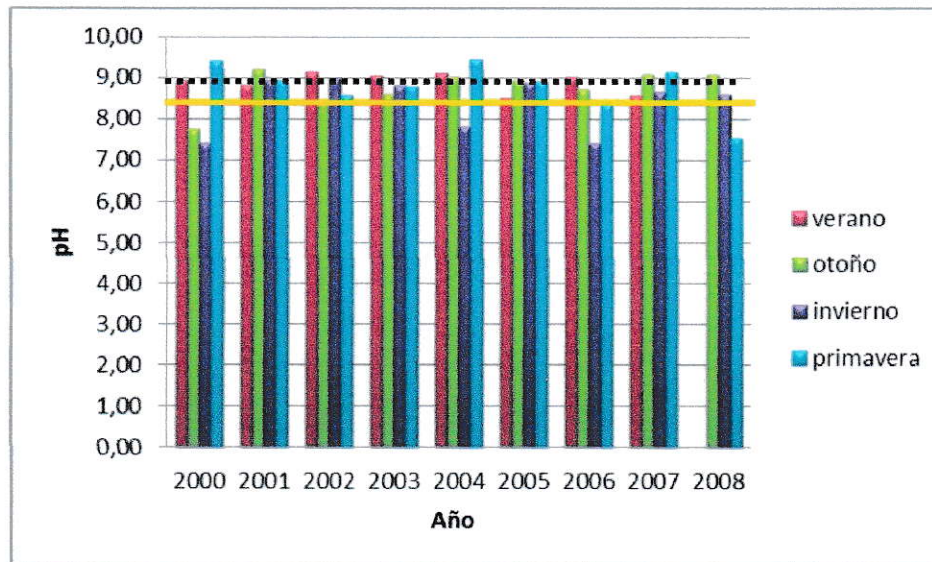


Figura 13: pH de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente puntilla león

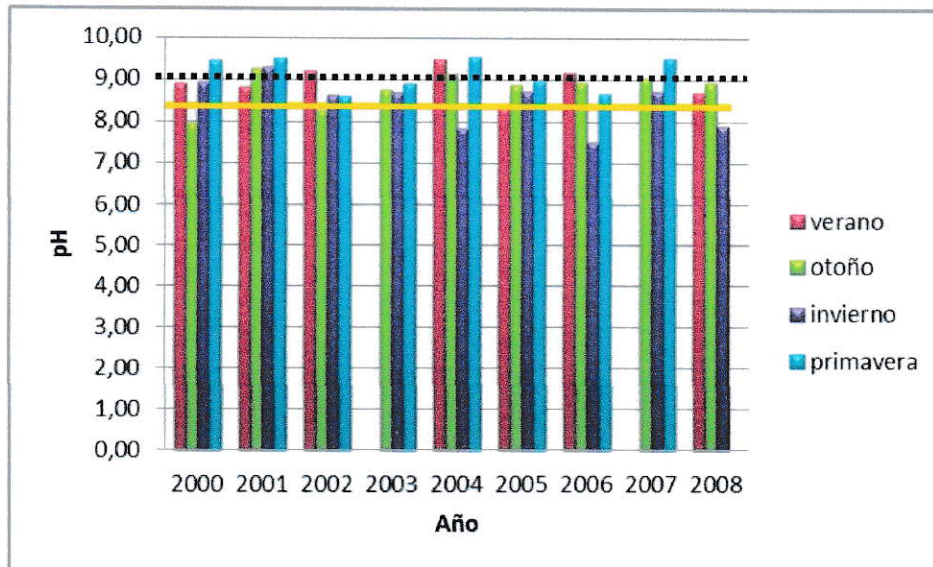


Figura 14: pH de las aguas de la Laguna de Aculeo sector casa bombas

En los tres sectores estudiados la temporada que más supera la norma de regadío y vida acuática es en primavera. En las demás temporadas también se supera la norma en algunos años o bien están muy cercanas.

Para uso recreativo con contacto directo se supera en su mayoría el límite máximo permitido por la norma.

3.1.3 Transparencia (Disco secchi)

La norma exige que para uso recreativo con contacto directo la transparencia o claridad debe ser de una profundidad mayor a 1,20 metros.

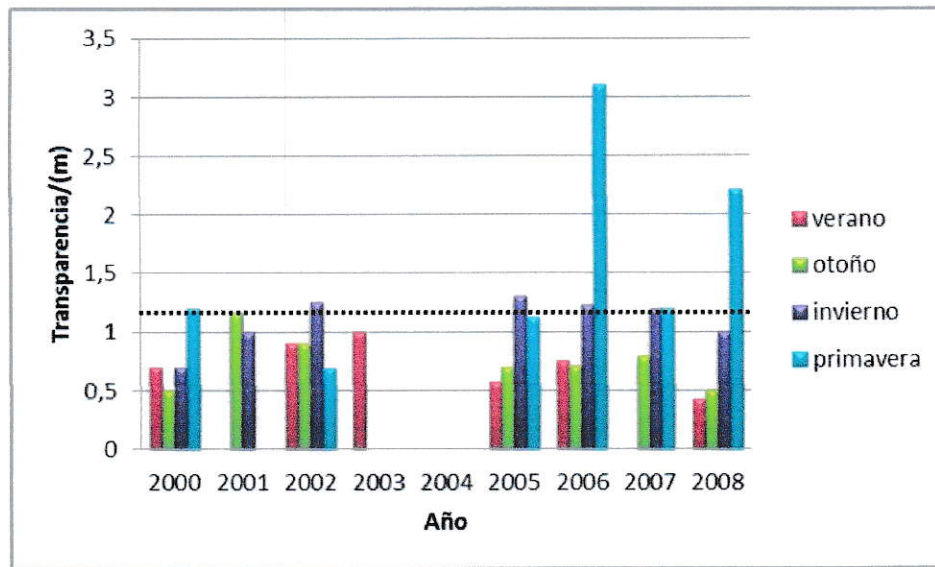


Figura 15: Transparencia de las aguas de la Laguna de Aculeo sector **Desagüe**

En este sector no se cumple la norma en casi todas las temporadas monitoreadas. Existen excepciones donde si se cumple. En las temporadas de primavera año 2000; 2006; 2008 y temporada invierno en los años 2002, 2005, 2006, 2007 y 2008. Coincide con las épocas del año con más agua.

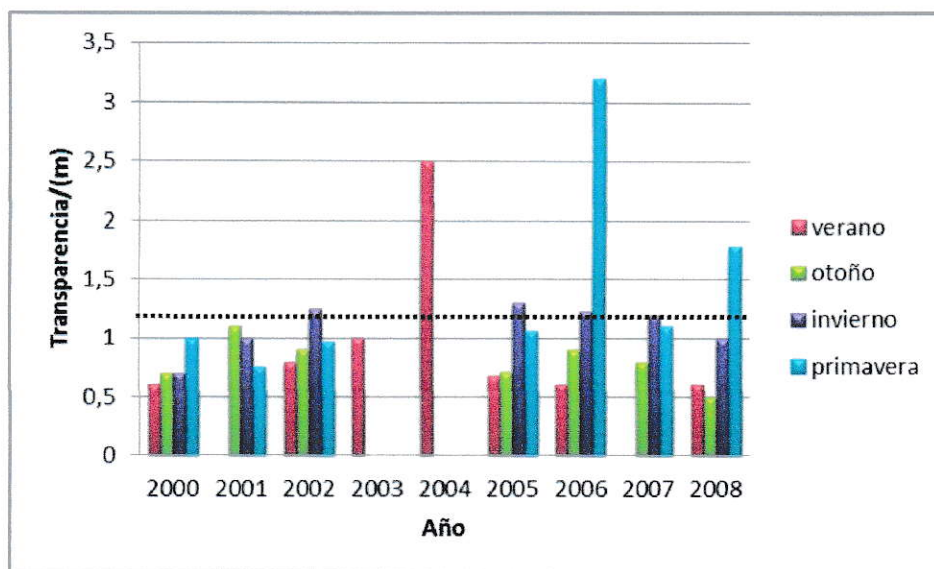


Figura 16: Transparencia de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente puntilla león

Similar al sector Desagüe solo se cumple la norma en invierno de los años 2002, 2005, 2006 y 2007, temporada con mayor renovación de agua. Y verano del 2004 y primavera del 2006 y 2008.

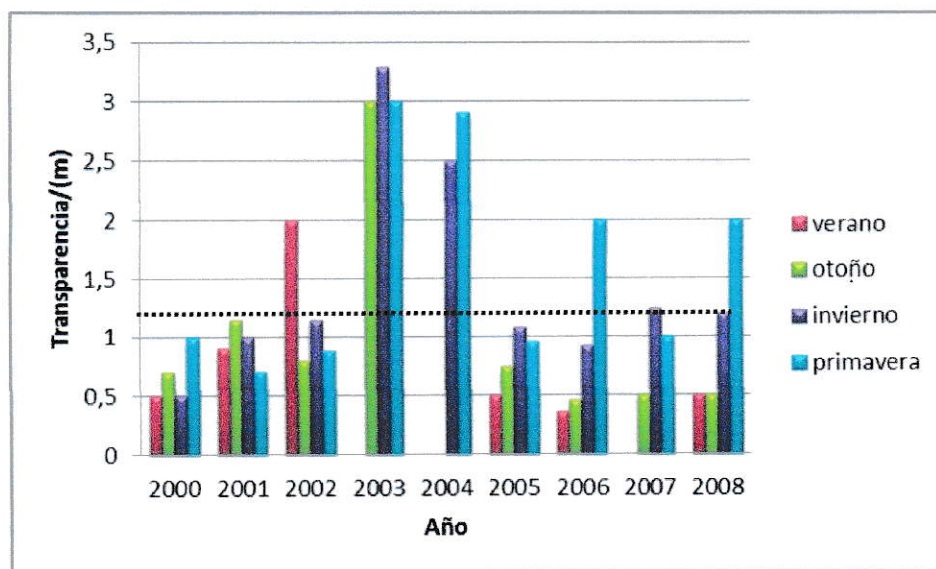


Figura 17: Transparencia de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa bombas

En este sector se cumple más la norma en relación a los dos sectores anteriormente analizados. En el año 2001 y 2003 se cumplió en todas las temporadas monitoreadas. En el 2008 se cumple en invierno y primavera pero en verano y otoño estuvieron muy bajos los valores, donde se alcanzó valores de transparencia menores a 0,5 metros lo cual es menos de la mitad de lo requerido por la norma.

Es importante destacar que la norma no se cumple en las temporadas donde hay más afluencia de gente (verano) y es la época donde las personas tiene más contacto directo con las aguas de la Laguna por lo que se debe tener precaución al ingresar a la aguas.

3.1.4 Oxígeno disuelto

La norma exige valores de oxígeno disuelto mayores a 5 mg L^{-1} para mantener la vida acuática. Esta se cumple en todas las temporadas monitoreadas.

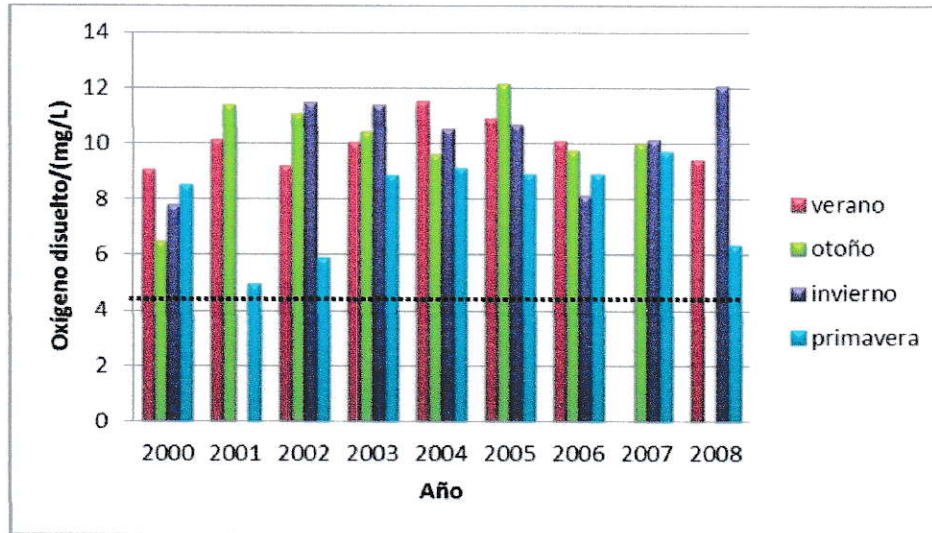


Figura 18: Oxígeno disuelto en las aguas de la laguna de Aculeo sector Desagüe

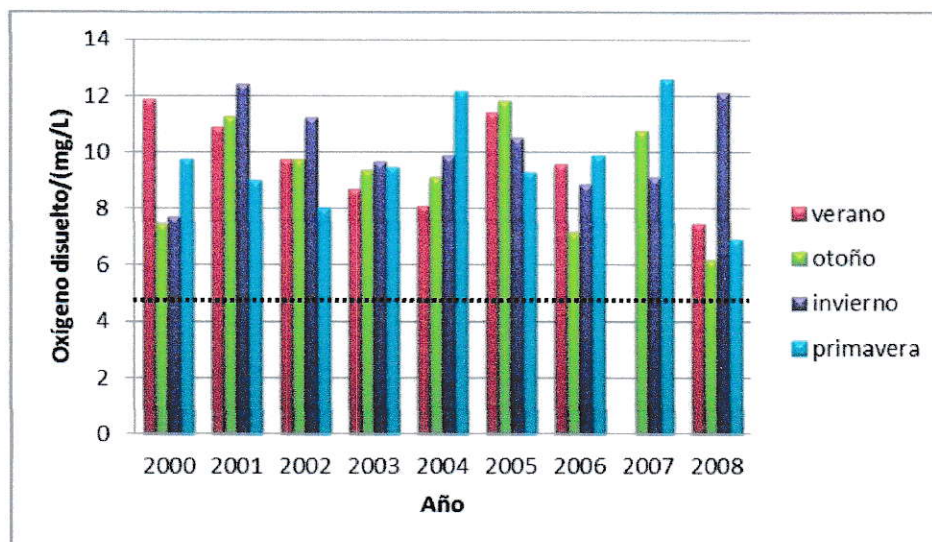


Figura 19: Oxígeno disuelto en las aguas de la laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

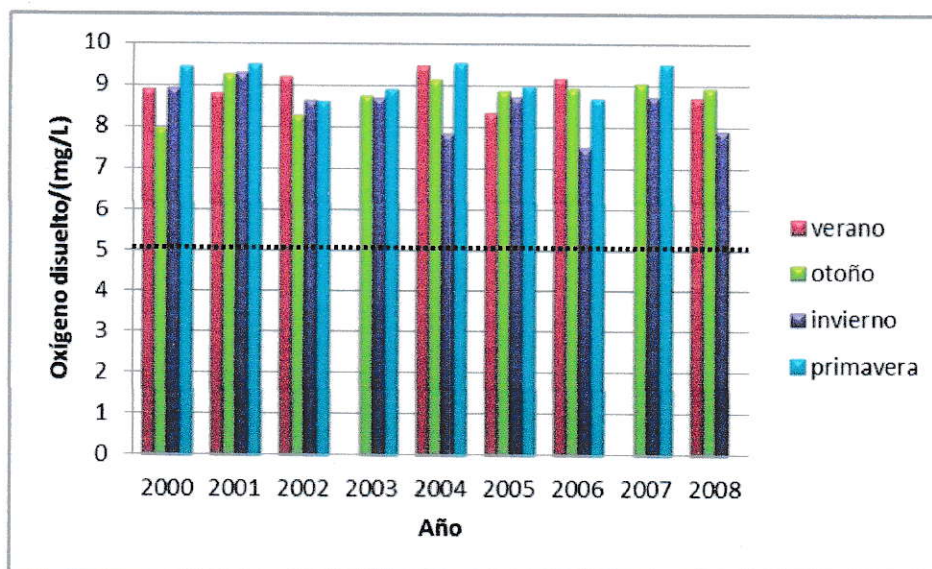


Figura 20: Oxígeno disuelto en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

3.1.5 Temperatura

La norma 1.333 exige para el uso del agua con contacto directo una temperatura máxima de 30°C Se observó que este requisito se cumple en todas las temporadas monitoreadas.

Para aguas destinadas a vida acuática la norma 1.333 exige “*Valor natural +3*”, por lo que las aguas no deberían tener una temperatura mayor que la temperatura ambiente más tres grados Celsius. Por lo tanto este requisito se cumple totalmente.

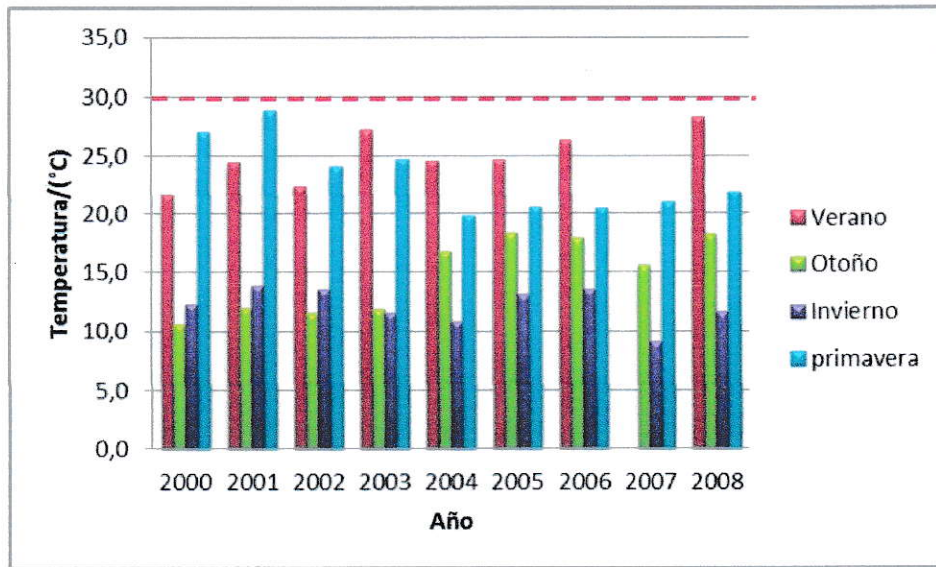


Figura 21: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

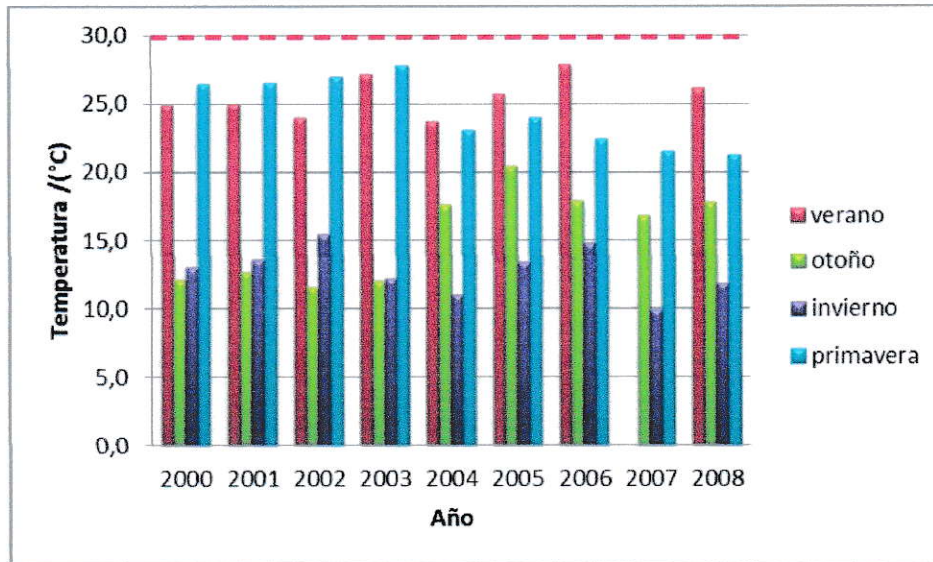


Figura 22: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

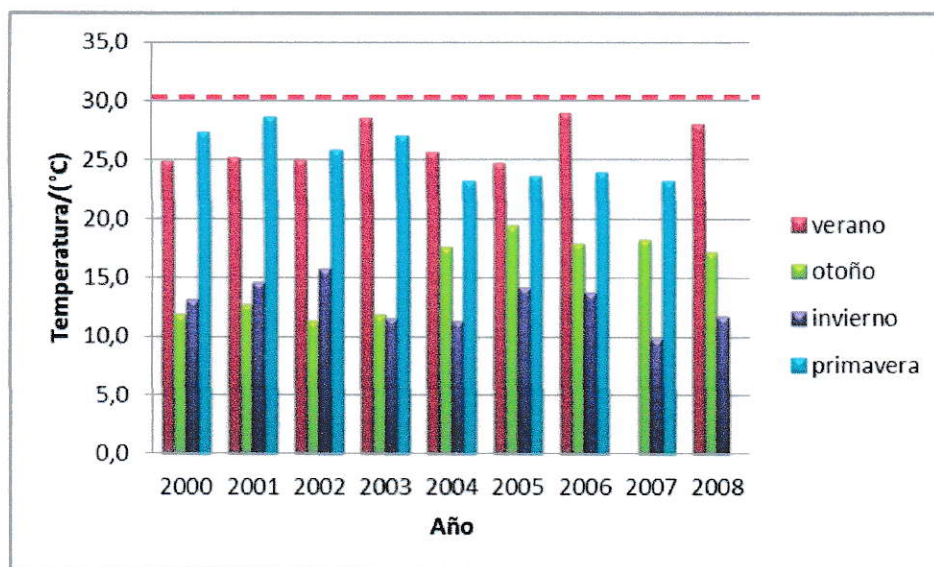


Figura 23: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

A continuación se muestra un resumen de la evaluación del cumplimiento de la Norma Chilena N°1.333 según el uso dado a las aguas realizado en las Figuras 7 a la 21:

Agua destinada a riego

Tabla 7: Estándares para Aguas Destinadas a riego

Indicador	Unidad	Requisito	Cumplimiento
pH	Unidad	5,0 - 9,0	Se cumple el mínimo, pero se supera el máximo en algunos periodos o bien se está a punto de superar (estado latente)
Conductividad específica	mS/cm	< 750	Se cumple

De acuerdo a los resultados la Laguna de Aculeo, solo en algunos años monitoreados se superó la norma y además el último año monitoreado (2008) resultó ser el de pH más bajo. Se puede advertir que las aguas están en un estado de latencia donde en cualquier momento se puede superar la norma. Es por esto que se recomienda que cultivos más sensibles a cambios de pH o bien requieran un pH menor al monitoreado por la DGA tomen las precauciones necesarias antes de regar sus cultivos con estas aguas para así evitar daños.

Es muy importante destacar que no basta con solo conocer estas dos variables para decir que se cumple la norma para este uso ya que además se deben cumplir los siguientes parámetros que no son monitoreados por la DGA: sólidos disueltos, coliformes fecales, macroelementos (sodio, sulfatos) y metales pesados.

Agua destinada a uso recreativo con contacto directo

Tabla 8: Estándares para Aguas Destinadas a Uso Recreativo con Contacto Directo

Indicador	Unidad	Requisito	Cumplimiento
Transparencia o claridad	metros	> 1,20	Por lo general en verano y otoño no se cumple con la norma. En invierno y primavera casi siempre se cumple.
pH	unidad	6,5 – 8,3	Se cumple el mínimo requerido. Pero se supera el máximo exigido en casi todo el periodo estudiado.
Temperatura	°C	>30	Se cumple durante todo el periodo monitoreado.

Acorde a los resultados, la Laguna de Aculeo, no es apta para el uso de agua con contacto directo ya que basta que uno de los parámetros exigidos no se cumpla para no ser apta para dicho uso. Para complementar este estudio se debería monitorear los otros parámetros que dicta la norma, estos son: coliformes fecales, aceites y grasas.

Agua destinada a vida acuática

Tabla 9: Estándares para Aguas Destinadas a Vida Acuática (aguas dulces)

Indicador	Unidad	Requisito	Cumplimiento
pH	Unidad	6,0 – 9,0	Se cumple
Oxígeno disuelto	mg/L	> 5,00	Se cumple

Según los resultados obtenidos la Laguna de Aculeo, podría ser apta para que exista vida acuática si las variables faltantes no monitoreadas o con falta de continuidad de datos también cumplieren con los requisitos exigidos en la norma. Los parámetros faltantes son: Alcalinidad total, color y sólidos sedimentables.

Agua destinada a uso recreativo sin contacto directo

Las variables necesarias para evaluar el cumplimiento de la norma no son monitoreadas. Las cuales son: Aceites y Grasas flotantes, Aceites y Grasas emulsificadas, Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales, Sustancias que produzcan olor y sabor inconveniente. Este punto se menciona debido a que este uso se da durante todo el año, especialmente en época estival. (uso de vehículos acuáticos).

3.2 Diagnóstico estado trófico

Como se señaló anteriormente la Laguna de Aculeo posee un grado de eutrofización. A continuación se determinará el grado de eutrofización que tiene la Laguna en el periodo del 2000-2008 y posteriormente se relacionará con la calidad de sus aguas.

3.2.1 Fósforo total

Las concentraciones de fósforo total que estén entre el rango $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ y $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ clasificarán a las aguas como estado eutrófico y sobre $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ como estado hipertrófico.

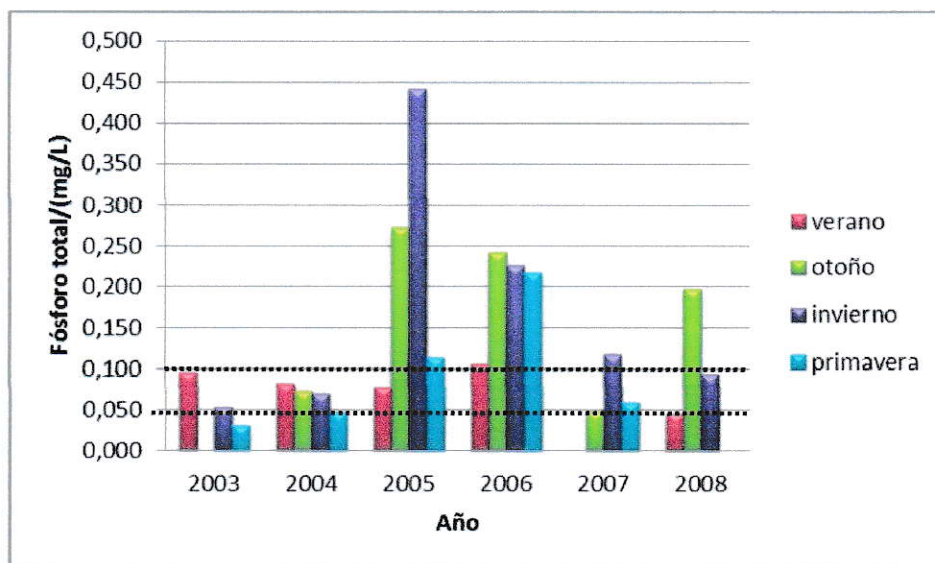


Figura 24: Fósforo total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

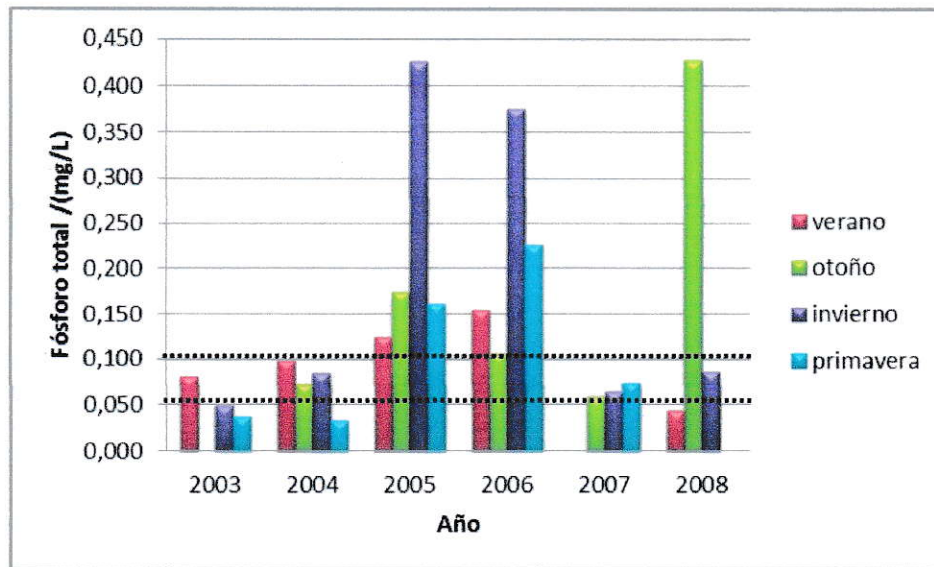


Figura 25: Fósforo total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

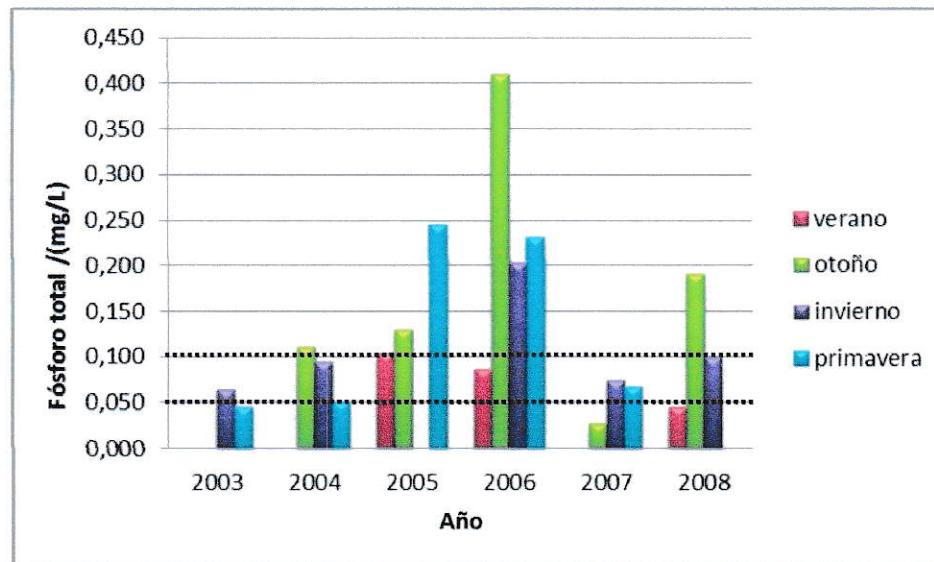


Figura 26: Fósforo total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Según los valores de fósforo total podemos clasificar a la Laguna con un nivel trófico entre eutrófico e hipertrófico ya que como se ve en los gráficos los valores en

algunas temporadas supera el nivel eutrófico y en otras se supera el valor de la categoría de hipertrófico.

En los años 2005 y 2006 del sector Desagüe y Frente Puntilla de León se observó concentraciones de fósforo total más altos que el promedio de los datos durante el invierno y otoño.

3.2.2 Nitrógeno total

Las concentraciones de nitrógeno total que estén entre el rango 1 mg L^{-1} y 2 mg L^{-1} se clasifican a las aguas como estado eutrófico y sobre $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ como estado hipertrófico.

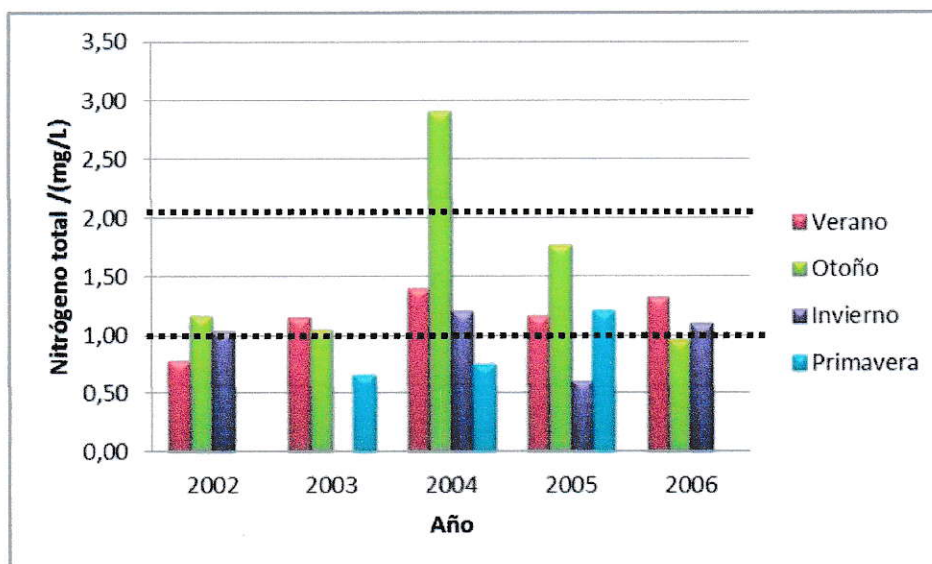


Figura 27: Nitrógeno total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

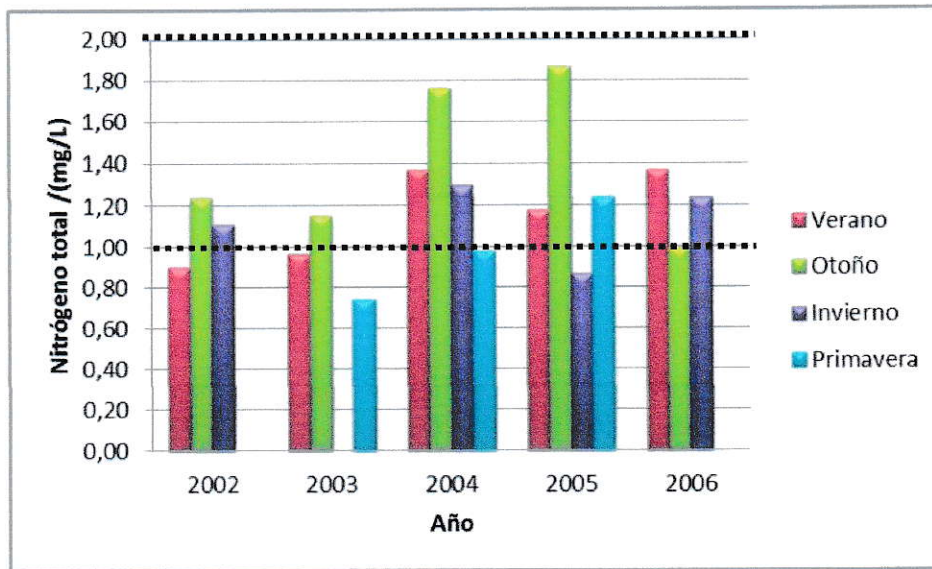


Figura 28: Nitrógeno total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

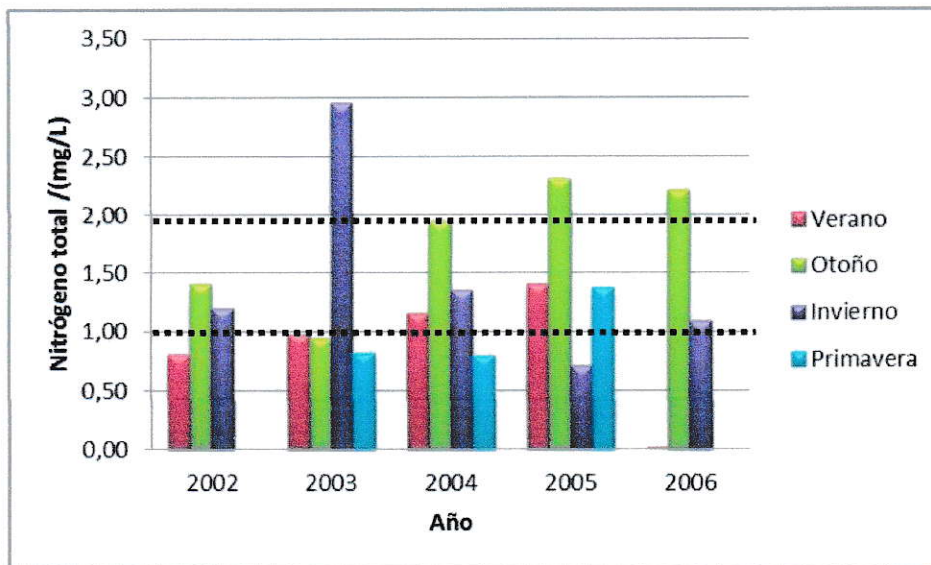


Figura 29: Nitrógeno total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Según los valores de los gráficos podemos clasificar a la Laguna de Aculeo con un nivel eutrófico.

En muy pocas ocasiones se logra superar el nivel hipertrófico. Cabe destacar que solo se tiene los valores hasta el año 2006.

3.2.3 Clorofila α

Las concentraciones de clorofila α que estén entre el rango $20 \mu\text{g L}^{-1}$ y $30 \mu\text{g L}^{-1}$ clasificarán a las aguas en un estado eutrófico y sobre $30 \mu\text{g L}^{-1}$ como estado hipertrófico.

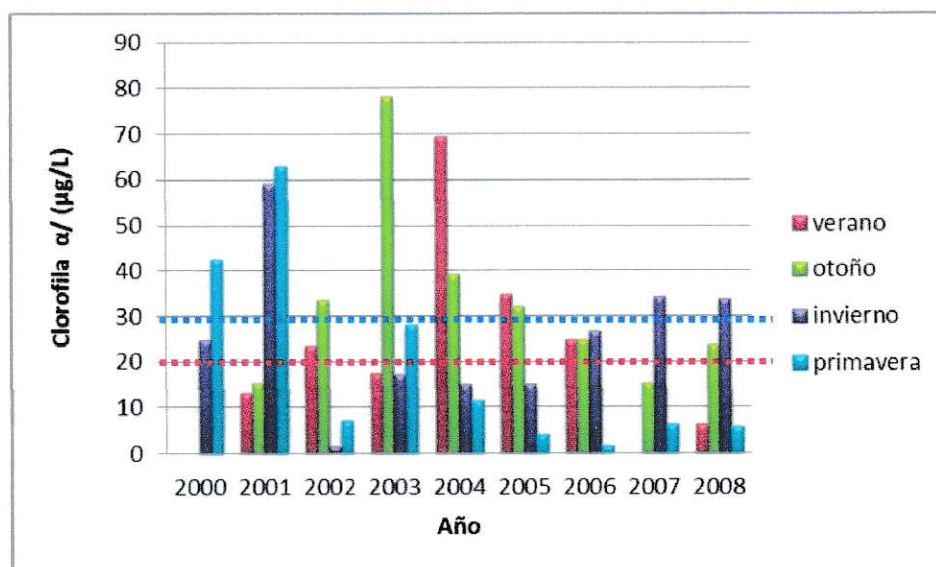


Figura 30: Concentración de Clorofila α aguas Laguna de Aculeo sector Desagüe

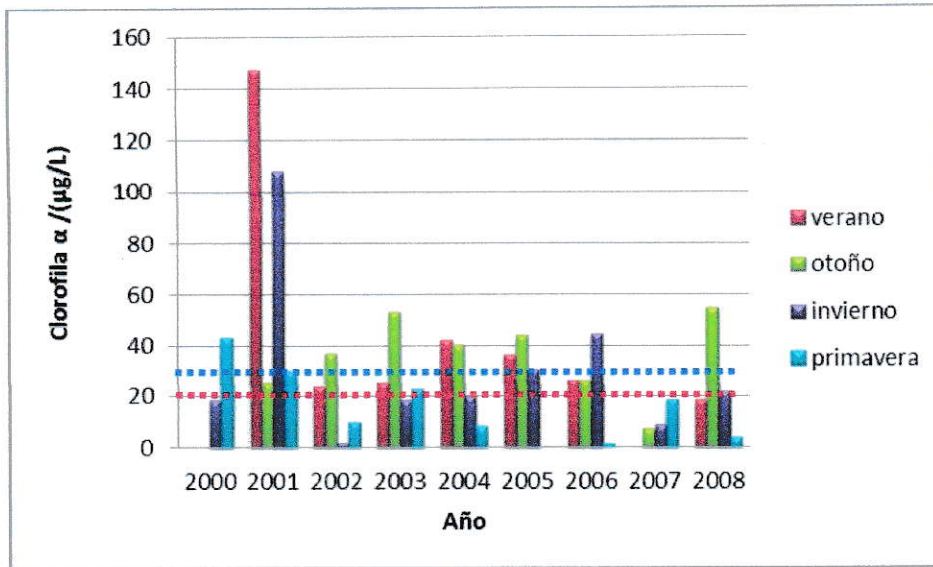


Figura 31: Concentración de Clorofila α aguas Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

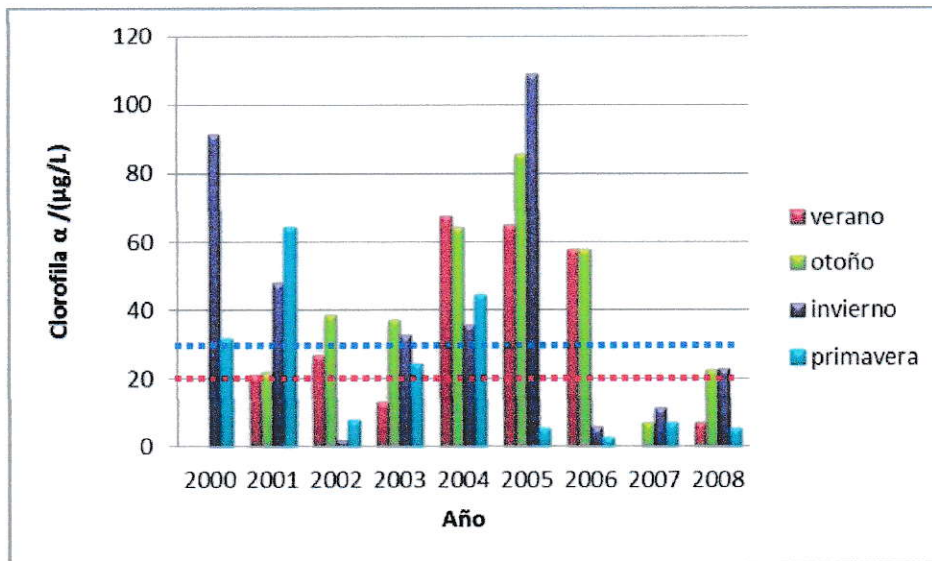


Figura 32: Concentración de Clorofila α aguas Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

El análisis trófico para la variable clorofila α arroja que casi todos los valores sobre pasan el nivel eutrófico y que varios sobrepasan el nivel de hipertrófico. Por lo que este indicador de eutrofización de sistemas acuáticos también arroja un alto nivel de trofia. La eutrofización de lagos o lagunas es un proceso relacionado directamente con la productividad primaria de los ecosistemas lacustres; a mayor concentración de clorofila α , indicador ampliamente aceptado para productividad primaria, más altamente productivo será dicho ecosistema, clasificándose como un sistema eutrófico.

Uno de los efectos directos negativos de esta condición de eutrofización, es que la concentración de oxígeno disuelto en el agua disminuye a medida que aumenta la productividad primaria, dado que las microalgas utilizan este oxígeno para su proceso respiratorio durante la noche. Esto podría implicar una pérdida de biodiversidad, especialmente peces sensibles a este parámetro, que disponen de menos oxígeno para su sobrevivencia.

Finalmente la otra variable que esta relacionado con el grado de eutrofización es la transparencia medida con disco Sechi. Donde se observó que posee valores de transparencia muy bajo en varios puntos menores a 1 metro lo cual indica un nivel hipóereutrófico

3.3 Relación entre el estado trófico de la Laguna y calidad de agua

Basado en estas condiciones tróficas, se pudo determinar una relación entre la calidad del agua aceptable para los distintos usos que se puede dar a un cuerpo de agua y

su nivel de trofia. Por lo que se utilizó la Tabla 5 (de carácter cualitativo) y se determinó la calidad del agua, ya sea aceptable u óptima dependiendo el uso.

Como anteriormente se clasificó a la Laguna en un nivel fuertemente eutrófico, según lo establecido por la OECD en la Tabla 5 no habría problemas con utilizar las aguas de la Laguna de Acúleo para producción de energía y riego, destacando que este último es uno de los usos mas importantes que se le da a las aguas.

Para producir agua potable y acuicultura definitivamente no se podría utilizar las aguas de la Laguna de Aculeo ya que requiere un nivel trófico de baja concentración de nutrientes (Oligotrófico).

Para el uso recreacional podrían haber problemas ya que se supera los niveles “todavía tolerables”. (ver tabla 5).

En general, hay concordancia en los estudios disponibles respecto a que la Laguna de Aculeo presenta un problema de eutrofización originado por causas naturales a través de su morfometría, morfología y procesos actuales de las: bajos niveles de renovación (entradas de caudales) y circulación de masas de agua (residencia prolongada de las aguas); y por causas antrópicas tales como el uso y manejo del recurso suelo (entradas de sedimentos y nutrientes) y usos recreacionales.

Cabrera y Montecinos (1982), señalan que la morfología del fondo favorece el reciclaje de nutrientes debido a que el fondo es poco profundo y la distancia entre la capa fotosintética y los sedimentos es constante en la mayor parte del área de cobertura

del cuerpo de agua. Uno de los agentes de mezcla importantes es el viento, que provoca la resuspensión de los nutrientes; esto resulta en el aumento de las formas disponibles de fósforo, lo que se ha relacionado con un aumento correlativo de los niveles de productividad primaria de los cuerpos de agua lénticos. Otro factor de mezcla es el accionar de los motores fuera de borda, que al navegar por zonas poco profundas remueven los lodos del fondo y provocan un efecto similar.

Las características de eutrofia de la Laguna de Aculeo lleva asociada una biomasa alta de *Microcystis aeruginosa* y depleción del oxígeno disuelto en las zonas profundas.

Durante el verano y otoño, el efecto conjunto de temperaturas altas y ausencia de viento, produciría depleción de oxígeno disuelto en toda la masa de agua. Esto ha sido postulado como uno de los factores causantes de la mortandad masiva de peces.

3.4 Estudio del comportamiento de las variables en estudio en relación al tiempo

3.4.1 Parámetros Físicos.

A continuación se estudió el comportamiento de las variables físicas y químicas en relación al tiempo. Para esto se determinó el coeficiente de correlación de Pearson.

El coeficiente de correlación de Pearson (r) es un estadístico que proporciona información sobre la relación lineal existente entre dos variables cualesquiera. Básicamente, esta información se refiere a dos características de la relación lineal: la dirección o sentido y la cercanía o fuerza. En este caso se verá específicamente el grado de asociación lineal entre dos variables, el cual puede ser positiva o negativa. Positiva las variables X e Y varían conjuntamente y en el mismo sentido, es decir, covarían positivamente. Negativo significa que X e Y varían conjuntamente y en el mismo sentido, es decir, covarían positivamente.

-Transparencia (Disco secchi)

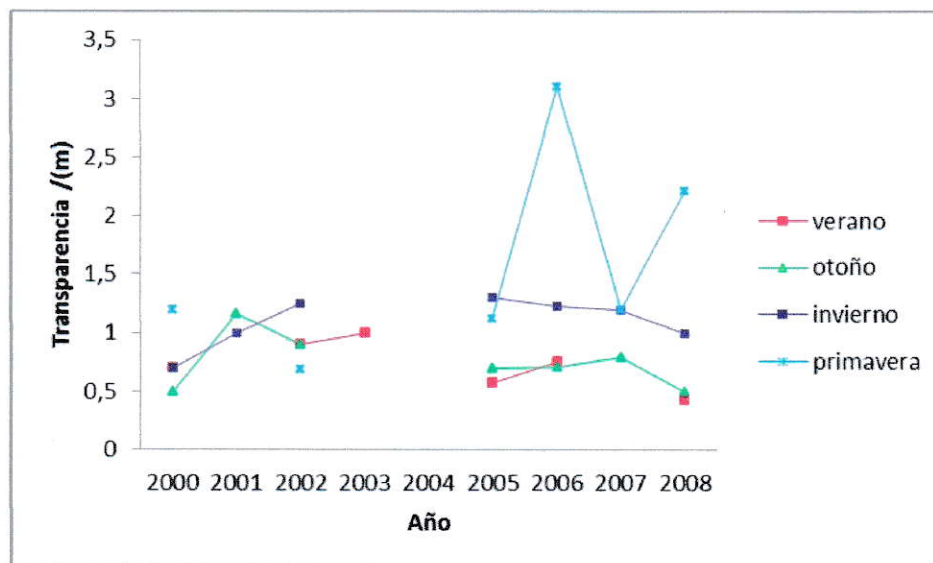


Figura 33: Transparencia de las aguas de Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano = 0,72 m, otoño = 0,75 m, invierno = 1,10 m y primavera= 1,59 m

Orden de las temporadas: primavera>invierno>otoño>verano

Los valores de transparencia han variado en el tiempo, se observó un aumento significativo en los años 2003 y 2004. Pero en general los valores son más bien bajos donde la mayoría está bajo 1 metro.

Al hacer un análisis de correlación de las variables transparencia vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,602; otoño= -0,350; invierno = 0,493 y primavera= 0,526.

Por lo que se puede decir que en verano y otoño al arrojar un coeficiente de correlación negativo, existe una asociación negativa entre las variables, es decir, que a medida que pasan los años en las temporadas de verano y otoño los valores de transparencia han disminuido. Lo que significa que en la temporada de verano al ser más cercana a -1 comparado con la temporada de otoño es más fuerte la asociación negativa.

En cambio en las temporadas de invierno y primavera los resultados arrojaron valores r positivos, por lo que la asociación entre las variables tiempo y transparencia es positiva. Lo que significa que a medida que pasan los años los valores de transparencia han aumentado para esas temporadas.

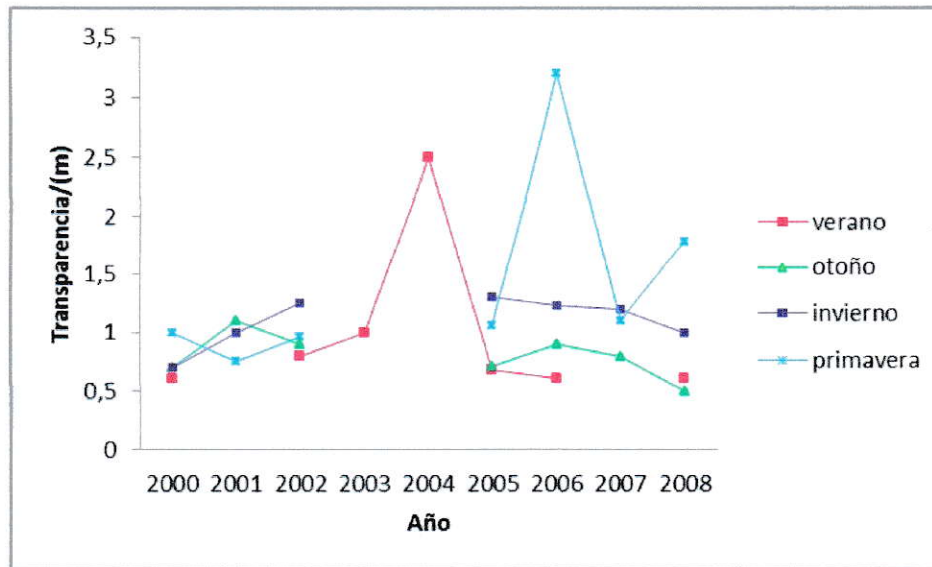


Figura 34: Transparencia de las aguas de Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Valores promedio en verano = 0,97 m, otoño = 0,80 m, invierno = 1,10 m y primavera = 1,41 m.

Orden de las temporadas: primavera>invierno>verano>otoño

Los valores de coeficiente de correlación de Pearson (r) para este sector son los siguientes: verano= - 0,064; otoño= - 0,5; invierno = 0,493 y primavera= 0,519.

En este caso el valor de r para la temporada de verano se acerca más a cero por lo que no hay una correlación lineal entre las variables, se mantuvo en el tiempo.

En la temporada de otoño existe una asociación negativa entre las variables. En las temporadas de invierno y primavera resultó tener una asociación positiva.

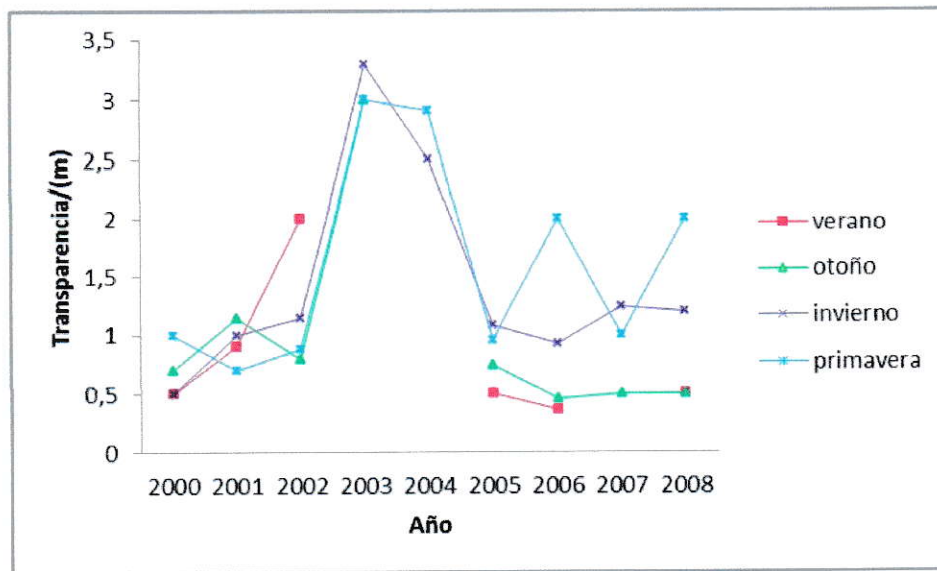


Figura 35: Transparencia de las aguas de Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Valores promedio verano= 0,79 m, otoño= 0,98 m, invierno= 1,43 m y primavera=1,60 m.

Orden de las temporadas: primavera>invierno>otoño>verano

Los valores de coeficiente de correlación de Pearson (r) para este sector son los siguientes: verano= - 0,400; otoño= - 0,328; invierno = 0,043 y primavera= 0,259.

En este sector resultó que en las temporadas de verano y otoño las variables estudiadas poseen una correlación negativa, pero más bien débil. En cambio la temporada de invierno el valor del coeficiente de correlación es positivo pero muy cercano a cero por lo que no hay relación lineal entre las variables en este caso. Luego en primavera hay una asociación positiva entre las variables pero esta es débil.

Por último se concluyó que por lo general en las temporadas donde hay mayor abundancia de agua (invierno y primavera) la asociación entre las variables transparencia y tiempo es positiva (aumentó en el tiempo) lo cual se esperaba debido a que las aguas en general son mas traslucidas al haber más agua. Y viceversa para las temporadas de verano y otoño que son las temporadas donde hay menos abundancia de agua.

Estas fluctuaciones se esperaban debido a que los valores de transparencia se asocian a partículas en suspensión, principalmente biológicas (plancton). Por lo que las variaciones de los valores de transparencia observados se pueden relacionar a la mayor o menos cantidad de plancton en las aguas de la Laguna.

-Conductividad específica

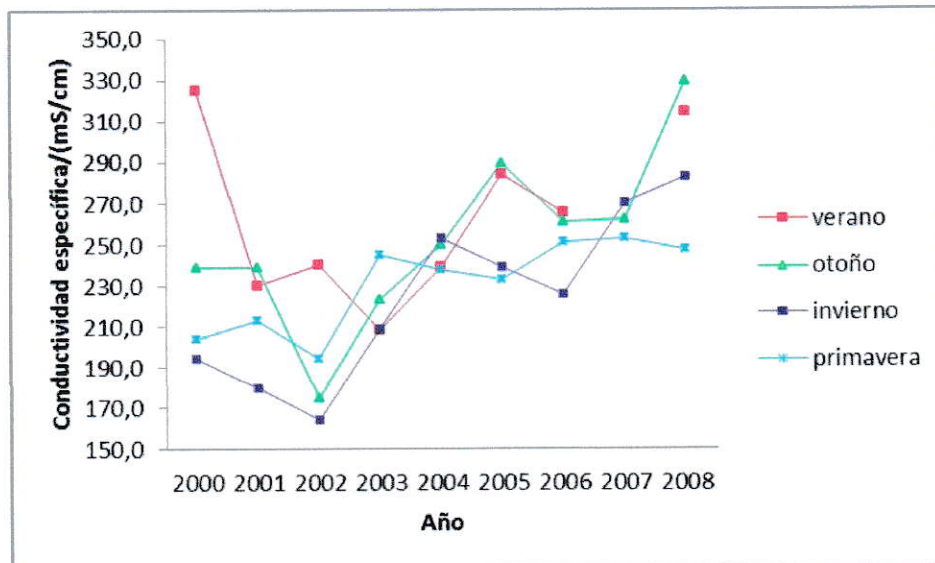


Figura 36: Conductividad específica de las aguas de Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano=63,1 mS cm⁻¹, otoño= 251,9 mS cm⁻¹, invierno= 224,3 mS cm⁻¹ y primavera= 231,0 mS cm⁻¹.

El orden de los valores de conductividad eléctrica de las temporadas de mayor a menor:

Verano>otoño>primavera>invierno.

Al hacer un análisis de correlación de las variables conductividad específica vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= 0,233; otoño= 0,713; invierno = 0,871 y primavera= 0,827.

Del análisis de correlación entre las variables resultó ser positiva en las cuatro temporadas, es decir, a medida que pasan los años los valores de conductividad específica ha aumentado. Cabe mencionar que la temporada de verano tuvo una asociación positiva pero más débil comparado a las otras tres.

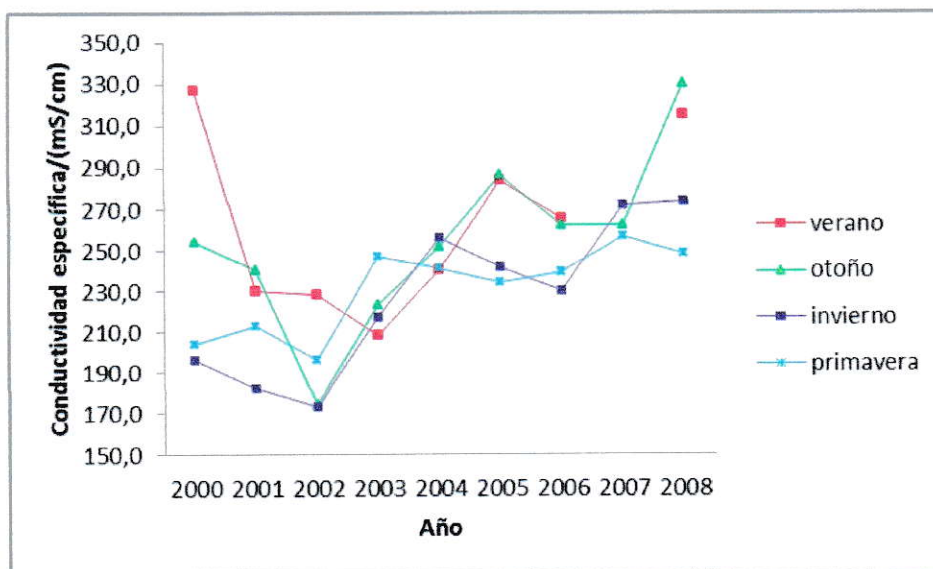


Figura 37: Conductividad específica de las aguas de Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Valores promedio verano: $262,2 \text{ mS cm}^{-1}$, otoño= $253, \text{ mS cm}^{-1}$, invierno= $226,8 \text{ mS cm}^{-1}$ y primavera= $230,9 \text{ mS cm}^{-1}$.

Orden de las temporadas: verano>otoño>primavera>invierno

Los valores de coeficiente de correlación de Pearson (r) para Sector frente puntilla león: verano= $0,245$; otoño= $0,653$; invierno = $0,875$ y primavera= $0,813$

Al igual que en el sector Desagüe las cuatro temporadas tienen una asociación positiva entre las variables estudiadas. Y nuevamente la temporada de verano fue la que arrojó una correlación positiva baja.

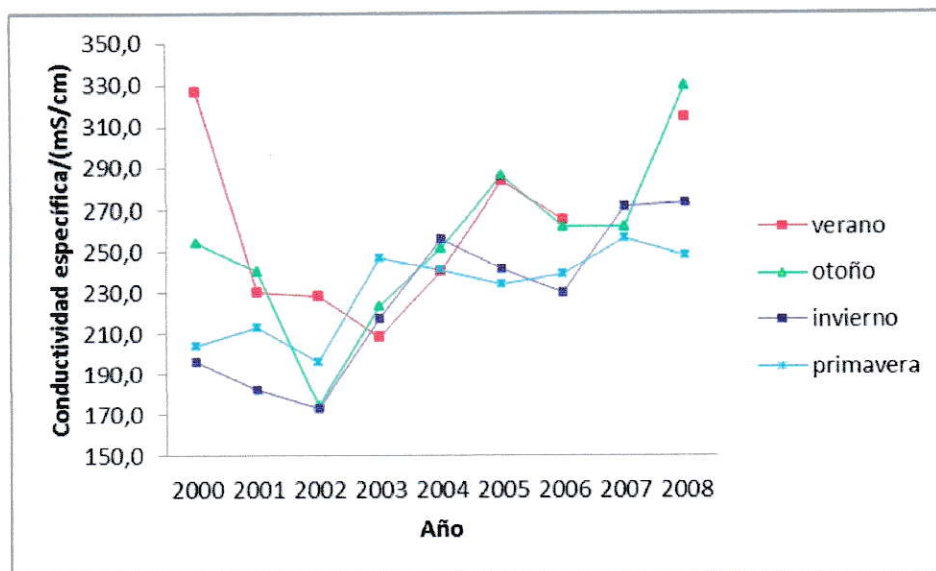


Figura 38: Conductividad específica de las aguas de Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Valores promedio en verano: $276,1 \text{ mS cm}^{-1}$, otoño= $257,0 \text{ mS cm}^{-1}$, invierno= $228,1 \text{ mS cm}^{-1}$ y primavera= $228,3 \text{ mS cm}^{-1}$.

Los valores de coeficiente de correlación de Pearson (r) para sector Casa Bombas: verano= $0,213$; otoño= $0,549$; invierno = $0,914$ y primavera= $0,806$.

Nuevamente se repite que las cuatro temporadas poseen una asociación positiva.

Por último se comprobó que en los tres sectores se mantiene la tendencia del orden de las temporadas verano>otoño>primavera>invierno. De acuerdo al orden de las temporadas la conductividad específica es máxima en verano y mínima en invierno. Esto se puede explicar debido a que en verano por lo general hay menos cantidad de

agua y por ende mayor concentración de elementos ionizables. Y en invierno al haber más agua disminuye la concentración de estos mismos.

-pH

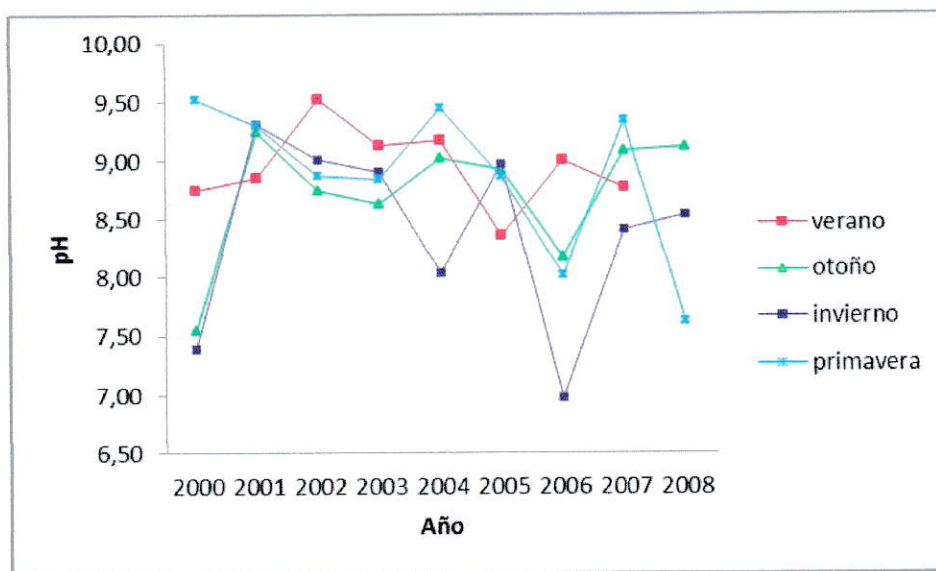


Figura 39: pH de las aguas de Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano= 8,94, otoño= 8,72, invierno= 8,39 y primavera= 8,87

Orden de las temporadas: verano>primavera>otoño>invierno

Al hacer un análisis de correlación de las variables pH vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,216; otoño= 0,416; invierno = -0,124 y primavera= -0,637.

Las temporadas que arrojaron una asociación negativa entre las variables de pH y tiempo fueron primavera, verano e invierno, donde la primera fue la con mayor correlación negativa y la última con una correlación negativa pero baja. Por lo que en general en esas temporadas hubo una disminución de pH en el tiempo.

Por otro lado la temporada otoño las variables resultaron tener una correlación positiva intermedia.

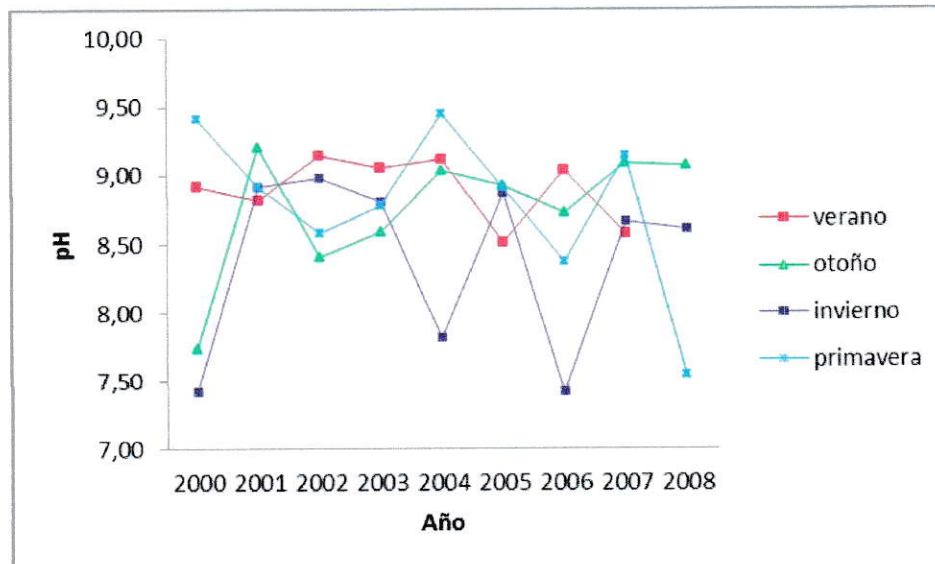


Figura 40: pH de las aguas de Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Valores promedio en verano= 8,90, otoño= 8,76, invierno= 8,39 y primavera= 8,79

Orden de las temporadas: verano>primavera>otoño>invierno

Para el sector Frente Puntilla de León arrojó los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= - 0,387; otoño= 0,588; invierno = 0,065 y primavera= -0,554.

Las variables en otoño resultó tener una asociación positiva. Por otro lado en la temporada de invierno las variables no tuvieron una asociación lineal, los valores se mantuvieron en el tiempo. Además nuevamente se repite que las temporadas de verano y primavera obtuvieron una asociación entre las variables negativa.

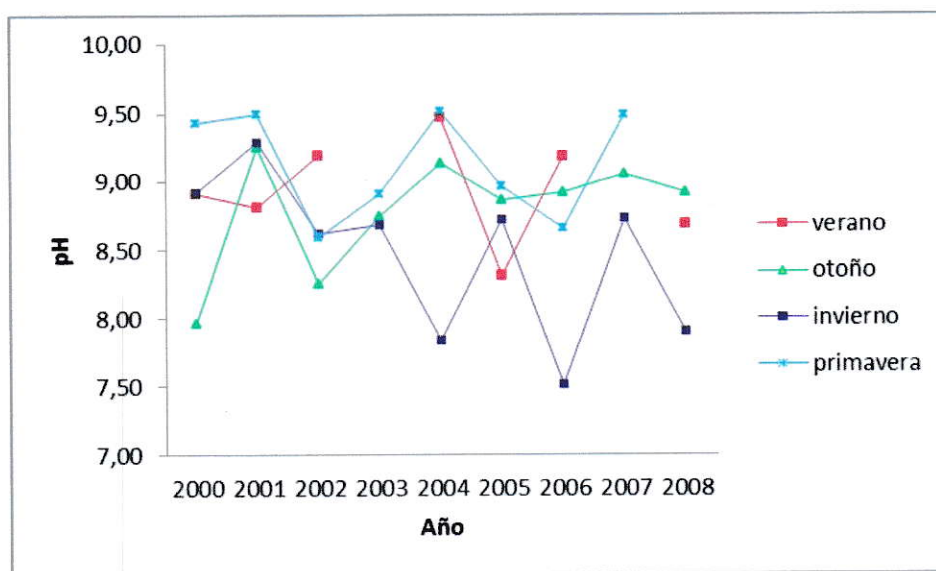


Figura 41: pH de las aguas de Laguna de Aculeo sector Casa bombas

Valores promedio en verano= 8,94, otoño= 8,79, invierno= 8,47 y primavera= 9,13

Orden de las temporadas: primavera>verano>otoño>invierno

En el sector Casa Bombas arrojó los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= - 0,180; otoño= 0,510; invierno = -0,622 y primavera= -0,155.

Al igual que el sector Desagüe en las temporadas verano, primavera e invierno las variables obtuvieron una asociación negativa entre las variables pero esta vez fue baja en primavera y verano, por lo que en general los valores no disminuyeron en el tiempo.

La temporada de otoño resultó tener una asociación positiva entre los parámetros estudiados, por lo que hubo un aumento en el tiempo.

Los valores que arrojó todo el monitoreo indicó que los valores de pH se encuentran en un rango alcalino.

Los valores más alcalinos se obtuvieron en verano y primavera donde se alcanzó valores de pH cercano a 9,5. Durante el invierno y otoño se obtuvieron los valores más bajos de pH cercanos a 7,5, de todos modos se mantuvo ligeramente un pH alcalino.

-Temperatura

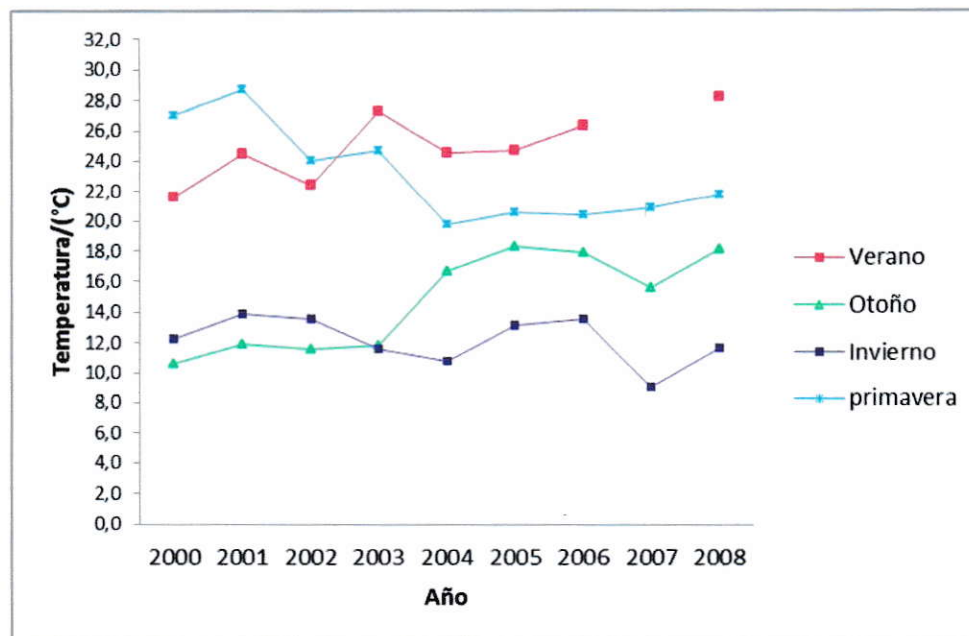


Figura 42: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano= 25,0 °C, otoño= 14,8 °C, invierno= 12,2 °C y primavera= 23,1 °C.

Orden de las temporadas: Verano>primavera>otoño>invierno

Al hacer un análisis de correlación de las variables temperatura del agua vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= 0,782; otoño= 0,858; invierno = -0,445 y primavera= -0,793

En las temporadas de verano y otoño el comportamiento de las variables arrojó un valor de r positivo por lo que existe una correlación positiva entre ellas siendo

ambas fuertes pero más en otoño, por lo que hay un aumento de la temperatura de las aguas de la laguna en el tiempo.

En las temporadas de invierno y primavera el comportamiento de las variables arrojó un valor de r negativo por lo que existe una asociación negativa entre ellas siendo más fuerte en primavera. Por lo que en invierno y primavera las temperaturas de las aguas de la Laguna han disminuido en el tiempo.

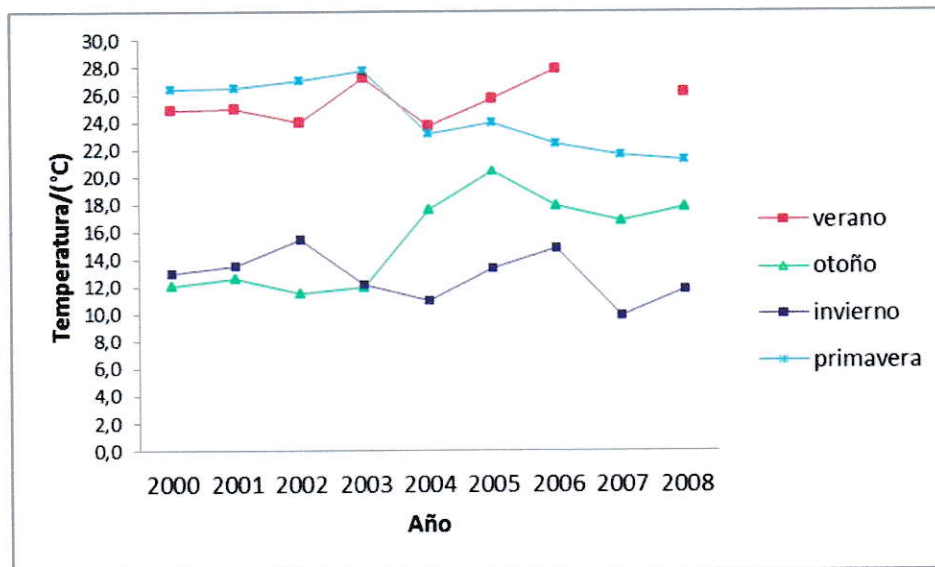


Figura 43: Temperatura de las aguas de Laguna de Aculeo sector Frente puntilla león

Valores promedio en verano= 25,6 °C, otoño= 15,4 °C, invierno= 12,8 °C y primavera= 24,4 °C.

Orden de las temporadas: verano>primavera>otoño>invierno

En el sector Frente Puntilla de León se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= 0,474; otoño= 0,772; invierno = -0,409 y primavera= -0,880.

Se mantuvo el comportamiento de la temperatura en el tiempo ocurrido en el sector Desagüe.

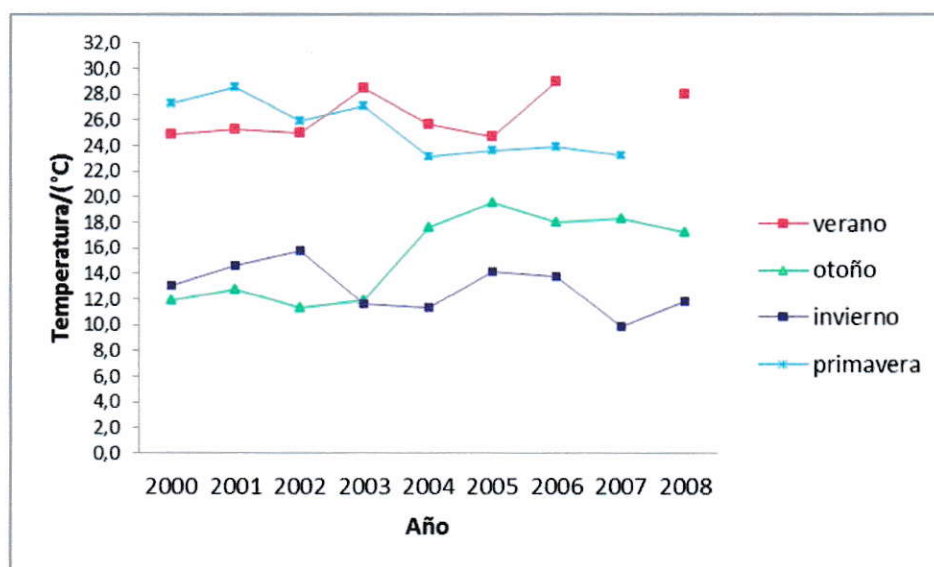


Figura 44: Temperatura de las aguas de Laguna de Aculeo sector Casa bombas

Valores promedio en verano= 26,4 °C, otoño= 15,4 °C, invierno= 12,9 °C y primavera= 25,3 °C.

Orden de las temporadas: Verano>primavera>otoño>invierno

En el sector Casa Bombas se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= 0,590; otoño= 0,808; invierno = -0,502 y primavera= -0,857.

En este sector la correlación de las variables se comporto de igual manera que los otros dos sectores.

Los valores de temperatura fluctúan entre los 28,5-26 °C en las temporadas más calurosas y 13,5 y 10,5 °C en las más frías. Por lo que el cuerpo de agua soporta cíclicamente estos cambios de temperatura, donde hay hasta alrededor de 16 grados de diferencia y que es normal dentro de un cuerpo de agua como este.

3.4.2 Variables químicas

-Oxígeno disuelto

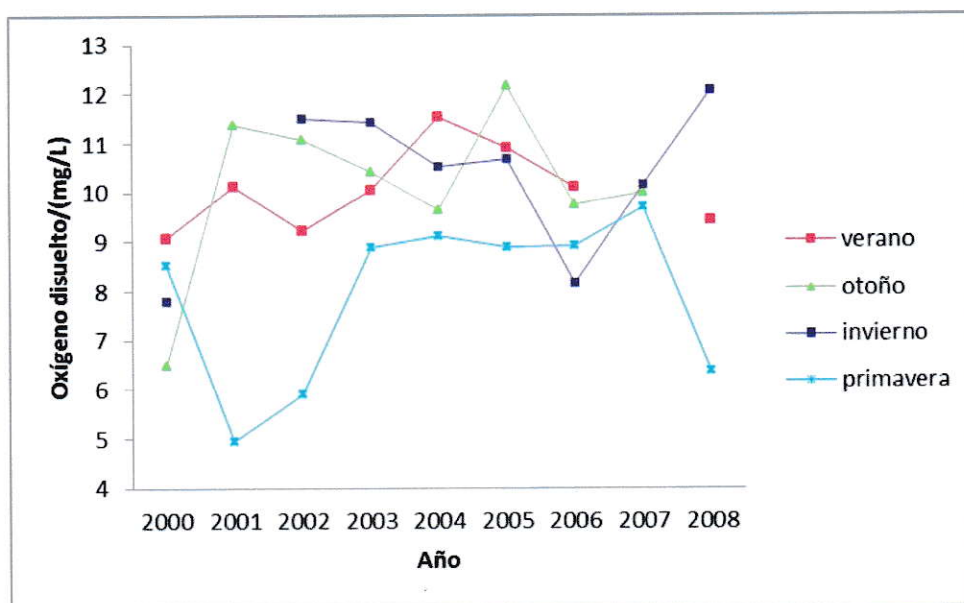


Figura 45: Oxígeno disuelto en las aguas de Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano= 10,04 mg L⁻¹, otoño= 10,1125 mg L⁻¹, invierno= 10,285 mg L⁻¹ y primavera= 7,91 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: invierno>otoño>verano>primavera

Al hacer un análisis de correlación de las variables oxígeno disuelto vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= 0,239; otoño= 0,320; invierno = 0,317y primavera= 0,311.

Todas las temporadas obtuvieron una asociación positiva entre las variables estudiadas, pero no es una correlación alta ya que todos resultaron valores cercanos a igual a 0,3 el cual es un valor más bien bajo, por lo que en general hay un pequeño aumento en el tiempo.

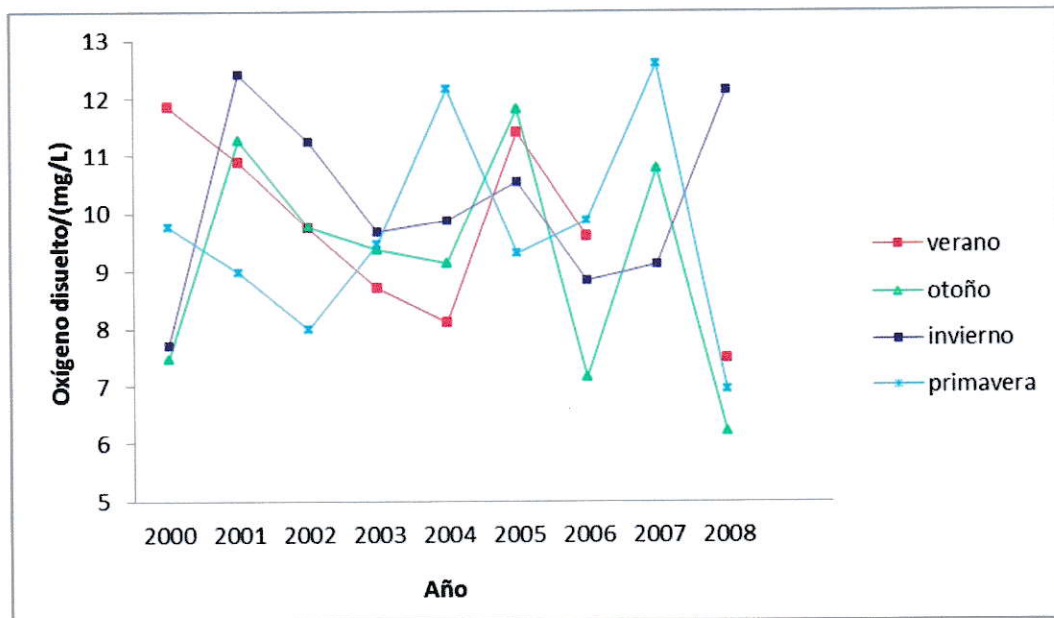


Figura 46: Oxígeno disuelto en las aguas de Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla

León

Valores promedio verano= 9,72 mg L⁻¹, otoño= 9,22 mg L⁻¹, invierno= 10,18 mg L⁻¹ y primavera= 9,67 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: invierno>verano>primavera>otoño

El sector Frente Puntilla de León arrojó los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,631; otoño= -0,220; invierno = 0,112 y primavera= 0,078.

Este sector arrojó dos temporadas con valores de r negativos, en la temporada de verano si existe una asociación negativa entre las variables pero en otoño el valor de r es más cercano a cero que a menos uno por lo que en esta última no hay una asociación negativa fuerte entre las variables.

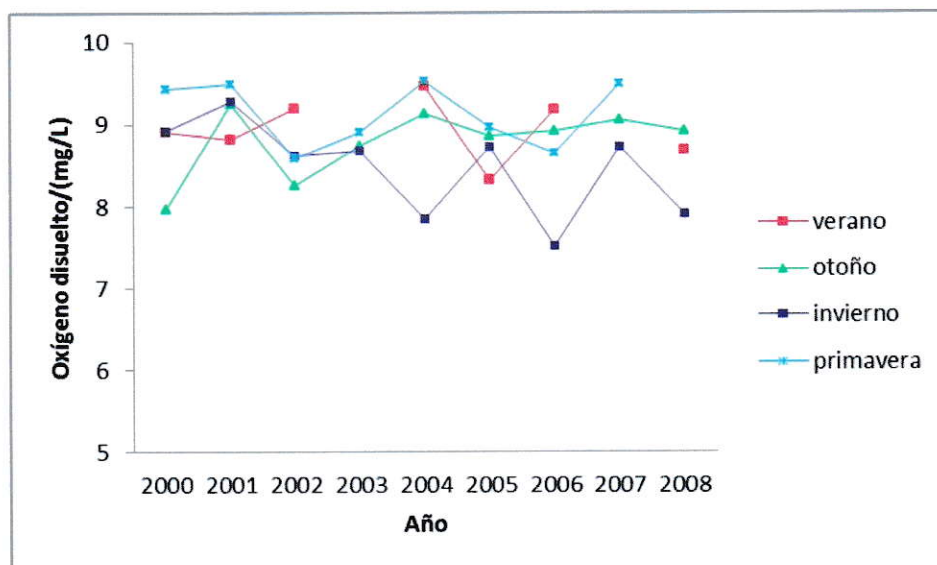


Figura 47: Oxígeno disuelto en las aguas de Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Valores promedio en verano= 8,9 mg L⁻¹, otoño= 8,8 mg L⁻¹, invierno= 8,5 mg L⁻¹ y

Primavera= 9,1 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: primavera>verano>otoño>invierno

El sector Casa Bombas arrojó los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,180; otoño= 0,510; invierno = -0,622y primavera= -0,155.

En este sector solo la temporada de otoño tiene una asociación positiva entre las variables. Las demás temporadas arrojaron una correlación negativa pero solo se la temporada de invierno posee una asociación negativa fuerte entre las variables ya que los valores de verano y primavera son más bajos.

Al obtener valores distintos de coeficiente de correlación de Pearson en los sectores estudiados y al observar directamente en los gráficos se notó que no hay un comportamiento uniforme de la variable oxígeno disuelto en el tiempo. Se observó varios máximos y mínimos a lo largo del muestreo.

Es importante mencionar que el oxígeno es el mayor aceptor de electrones en el metabolismo aeróbico, por que las fluctuaciones en las aguas más profundas se deben entender como una dinámica de consumo del oxígeno disuelto. (Mühlhauser & Vila, 1987).

La disolución de Oxígeno en el agua depende fundamentalmente de dos factores físicos: Temperatura y Salinidad, sin embargo la actividad metabólica diaria de los organismos (fotosíntesis y respiración) hace variar ostensiblemente la concentración de este gas en el medio. Así mismo las oxidaciones de materiales orgánicos modifican

significativamente el contenido de este último en el agua, más aún por las descargas urbanas. (Lanza, 1999). Es por esto que se puede explicar los valores tan oscilantes que se observó en los gráficos.

Los lagos contienen naturalmente entre 8 y 12 mg L⁻¹ de oxígeno disuelto y según los resultados (Figura 45, Figura 46 y Figura 47) la Laguna estaría dentro de este rango. Se encontró valores más bajos de este gas en Casa Bombas la cual es la zona con menos profundidad, donde puede haber temperaturas un poco más altas en relación a las demás zonas (más profundas) lo cual influye en la disminución de la disolución del gas atmosférico en las aguas.

-Fosfato (PO₄⁻³)

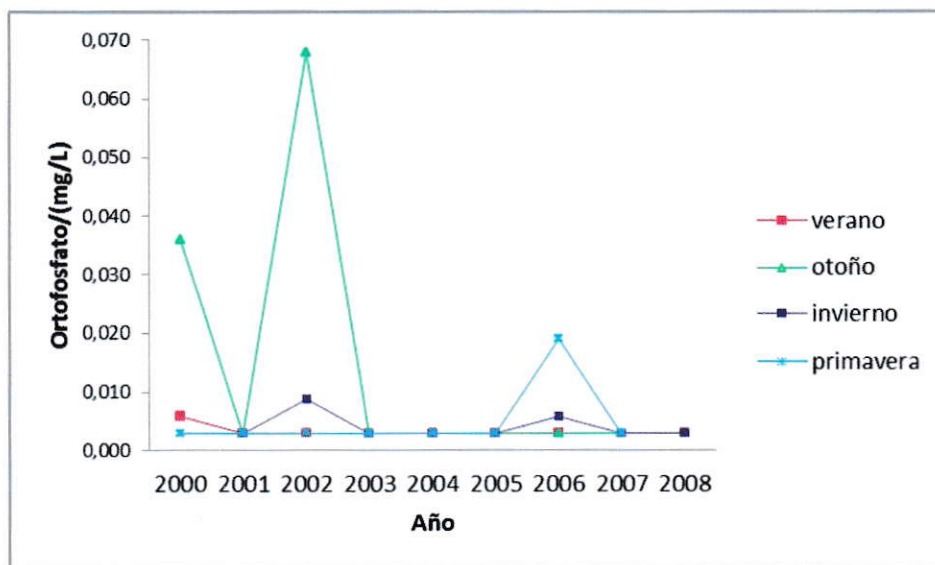


Figura 48: Concentración de ortofosfato en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano= 0,003 mg L⁻¹, otoño= 0,014 mg L⁻¹, invierno= 0,004 mg L⁻¹ y primavera= 0,005 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: otoño>primavera>invierno> verano

Al hacer un análisis de correlación de las variables ortofosfato vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,549; otoño= -0,519; invierno = -0,274 y primavera= 0,412.

Las temporadas verano, otoño e invierno arrojaron valores negativos de r, siendo las dos primeras las que existe una asociación negativa más alta entre las variables estudiadas.

En primavera se obtuvo un valor positivo de r pero asociación de las variables es intermedia.

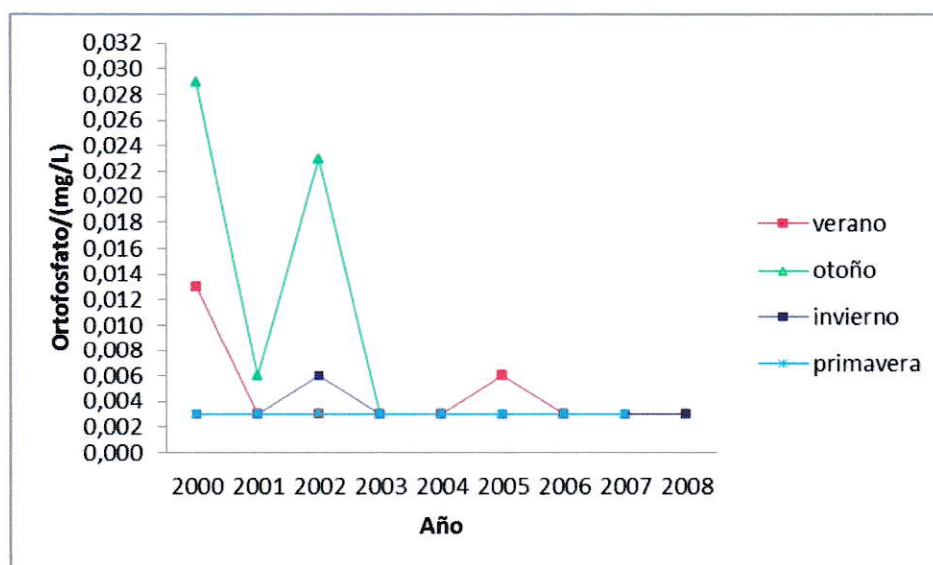


Figura 49: Concentración de ortofosfato en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Valores promedio verano= 0,005 mg L⁻¹, otoño= 0,008 mg L⁻¹, invierno= 0,003 mg L⁻¹ y primavera= 0,003 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: otoño>verano>invierno y primavera.

En el sector Frente Puntilla de León los valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,485; otoño= -0,691; invierno = -0,274 y primavera= 0,0

En este sector los resultados monitoreados en primavera siempre arrojó el mismo valor por lo se obtuvo un valor de r igual a cero. Entonces no hay asociación lineal entre la variable tiempo y ortofosfato en este caso. No aumentó en el tiempo.

El monitoreo de las tres temporadas restantes arrojó valores de r negativos, donde la asociación negativa entre las variable estudiadas más grande fue en otoño pero no alta.

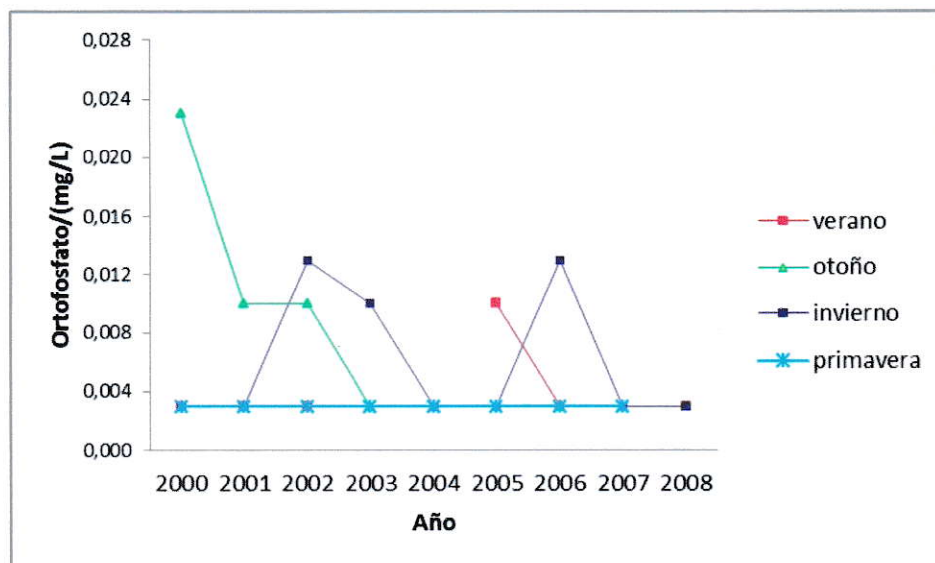


Figura 50: Concentración de ortofosfato en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Valores promedio en verano= 0,004 mg L⁻¹, otoño= 0,007 mg L⁻¹, invierno= 0,006 mg L⁻¹ y primavera= 0,003 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: otoño>invierno> verano>primavera

En el sector Casa Bombas los valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= 0,208; otoño= -0,773; invierno = -0,070 y primavera= 0,0.

Nuevamente en primavera se obtuvo un r igual cero. Además en invierno al resultar un valor de r cercano a cero, tampoco hubo un aumento en el tiempo y no hay asociación lineal entre las variables.

En otoño el valor de r resultó ser negativo cercano a menos uno por que hay una asociación negativa marcada entre las variables. En general una disminución de la variable en el tiempo.

-Nitrato (NO_3^-)

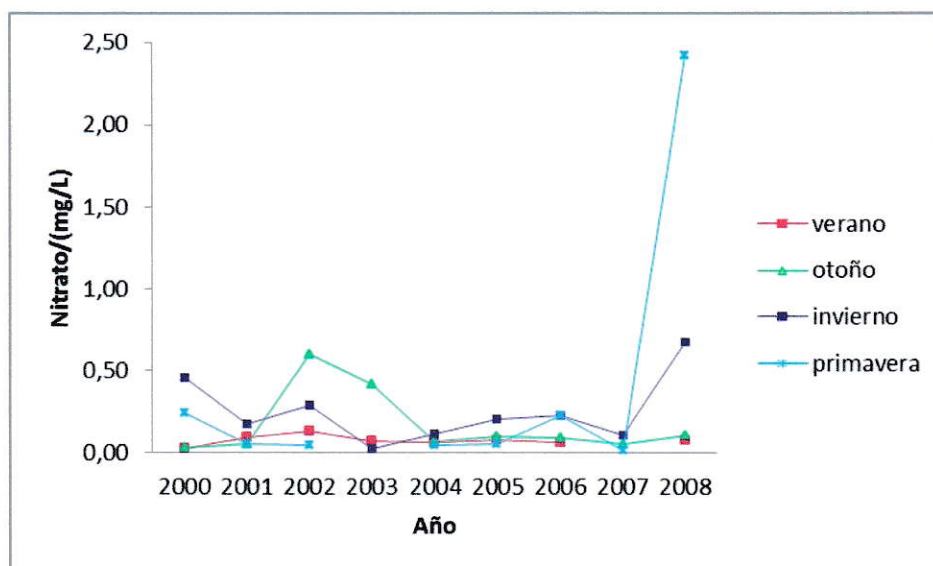


Figura 51: Concentración de nitrato en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano= $0,07 \text{ mg L}^{-1}$, otoño= $0,17 \text{ mg L}^{-1}$, invierno= $0,25 \text{ mg L}^{-1}$ y

Primavera= $0,39 \text{ mg L}^{-1}$.

Orden de las temporadas: primavera>invierno>otoño>verano

Al hacer un análisis de correlación de las variables concentración de nitrato vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= 0,006; otoño= -0,240; invierno = 0,164 y primavera= 0,514.

La temporada de verano resultó un valor de r muy cercano a cero por lo que no existe asociación lineal entre las variables estudiadas en esa temporada. No hubo un aumento en el tiempo

Las temporadas de invierno y primavera arrojó que las variables de nitrato y tiempo poseen una correlación positiva, cabe destacar que en primavera hay una correlación más fuerte y en invierno fue más bien débil.

En otoño resultó que las variables poseen una correlación negativa pero débil. Por lo que disminuyó poco en el tiempo.

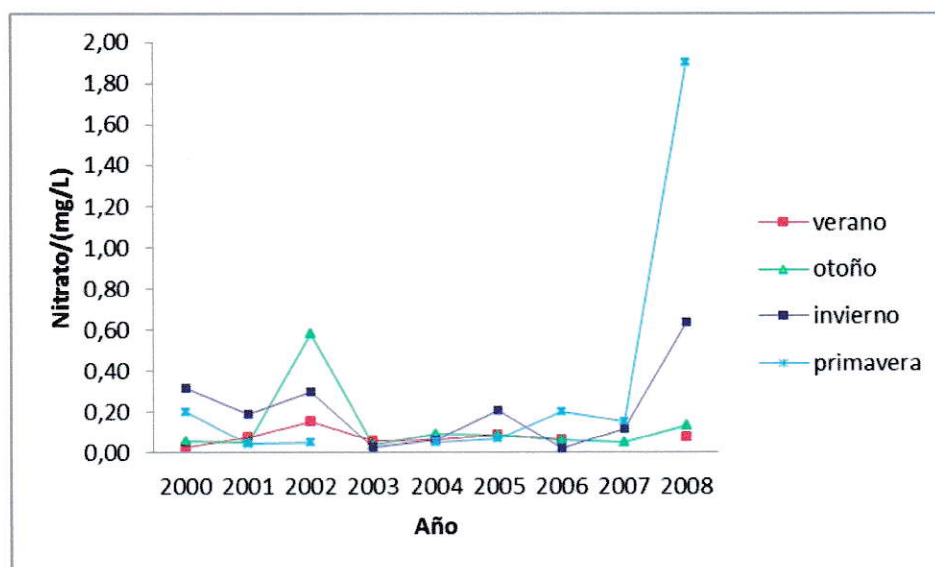


Figura 52: Concentración de nitrato en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Valores promedio en verano= 0,07 mg L⁻¹, otoño= 0,13 mg L⁻¹, invierno= 0,21 mg L⁻¹ y primavera= 0,33 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: Primavera>invierno>otoño>verano

El sector Frente puntilla de León arrojó los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= 0,049; otoño= -0,180; invierno = 0,165 y primavera= 0,555.

Al igual que el sector anterior la temporada de verano arrojó un valor de r muy cercano a cero por lo que no habría una correlación lineal entre las variables estudiadas.

En invierno y primavera nuevamente se obtuvo un valor de r positivo, resultando una correlación positiva fuerte en primavera y una débil en invierno. En general aumentaron en el tiempo

En otoño resultó un valor de r negativo bajo, por lo en este caso hay una asociación negativa débil entre las variables estudiadas.

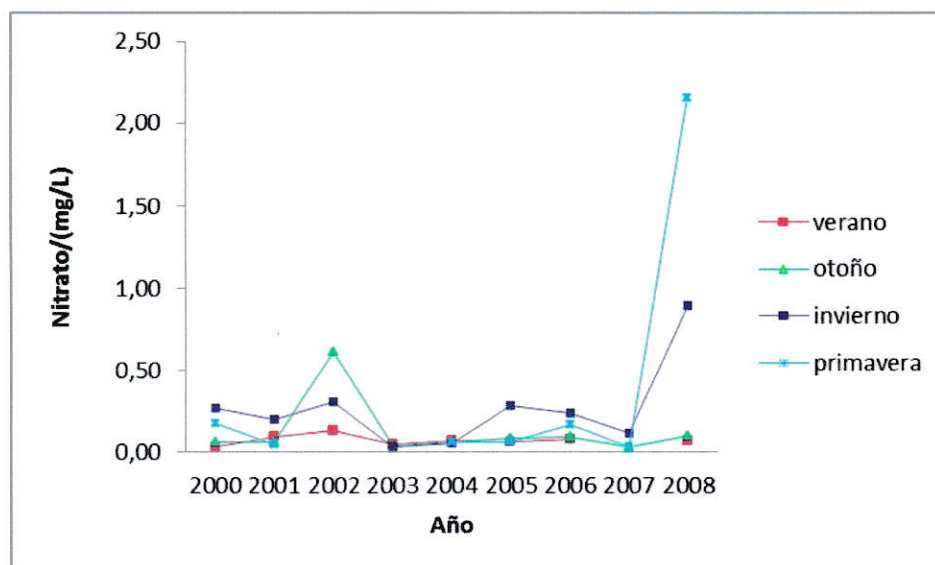


Figura 53: Concentración de nitrato en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Valores promedio en verano= 0,07 mg L⁻¹, otoño= 0,13 mg L⁻¹, invierno= 0,26 mg L⁻¹ y

Promedio primavera= 0,39 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: Primavera>invierno>otoño>verano

El sector Casa Bombas arrojó los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= 0,007; otoño= -0,239; invierno = 0,425 y primavera= 0,506.

Se repite la misma tendencia: en verano no se mostró una asociación lineal entre las variables, en otoño arrojó una asociación negativa pero débil y primavera e invierno se obtuvo una asociación positiva pero más fuerte en primavera que en invierno.

Finalmente podemos decir que la concentración de nitrato monitoreado en los tres sectores de la Laguna es bastante homogénea, no varía de un sector a otro. Y que en general en las temporadas de invierno y primavera hubo un aumento de nitrato en el tiempo.

Este es un nutriente altamente consumido por el fitoplancton por lo que sus variaciones están asociadas regularmente a este último. Los valores más bajos se observó en primavera e invierno y los más altos en verano y otoño.

-Nitrógeno total

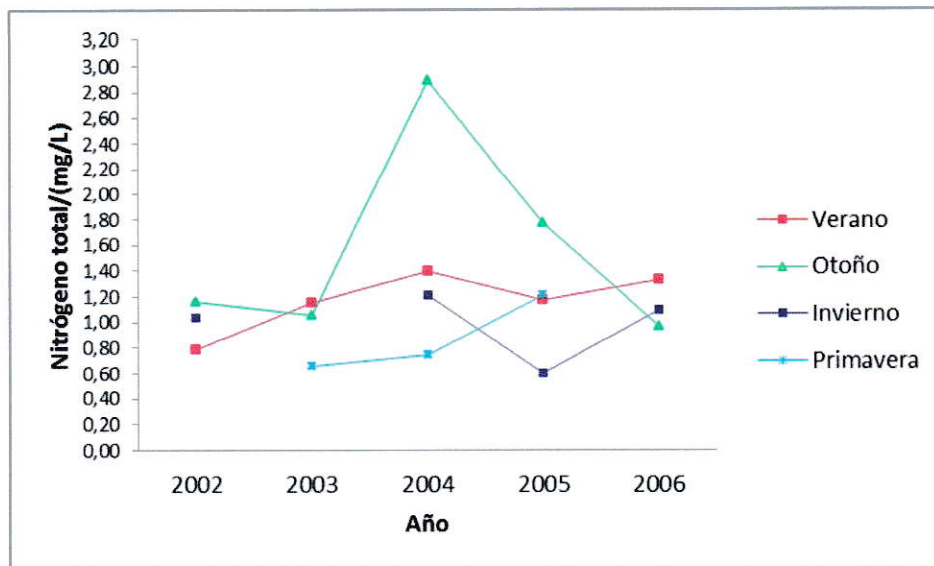


Figura 54: Nitrógeno total de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano= $1,17 \text{ mg L}^{-1}$, otoño= $1,57 \text{ mg L}^{-1}$, invierno= $0,99 \text{ mg L}^{-1}$ y primavera= $0,87 \text{ mg L}^{-1}$.

Orden de las temporadas: Otoño>verano>invierno>primavera

Al hacer un análisis de correlación de las variables nitrógeno total vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= $0,734$; otoño= $-0,065$; invierno = $-0,198$ y primavera= $0,934$

Las temporadas de verano y primavera arrojaron un valor de r positivo cercano a uno, por lo que las variables estudiadas tienen una asociación positiva fuerte siendo más grande en primavera con respecto a verano.

En la temporada de otoño resultó un valor cercano a cero por lo que en este caso no hay una asociación lineal entre las variables.

En invierno resultó un valor de r negativo pero bajo por lo que hay una asociación negativa entre las variables pero débil.

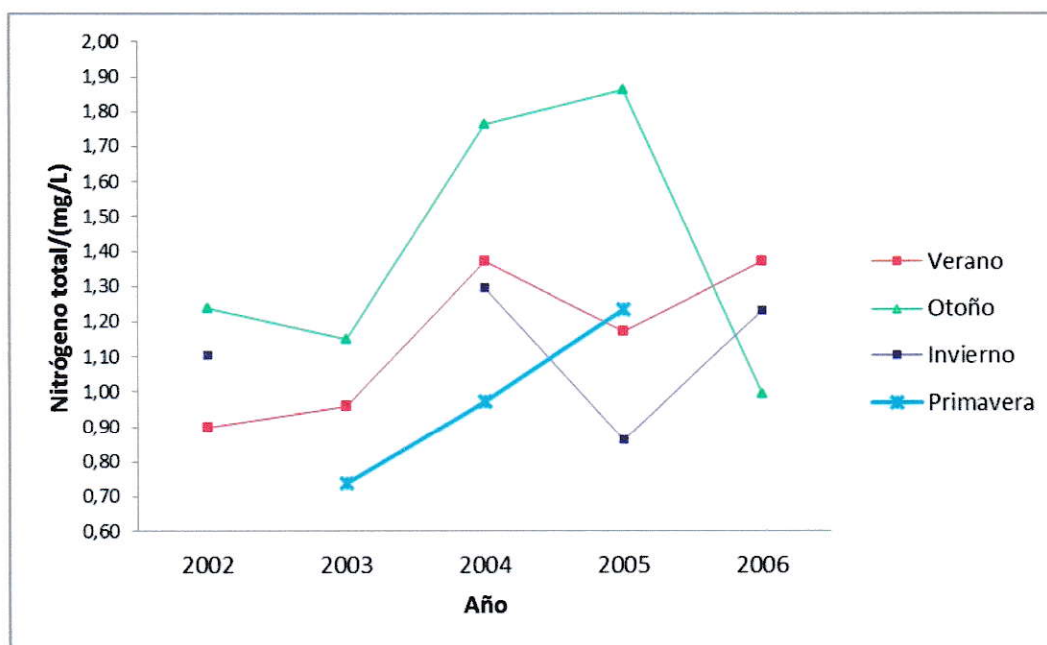


Figura 55: Nitrógeno total de las aguas de Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Valores promedio en verano: $1,15 \text{ mg L}^{-1}$, otoño= $1,40 \text{ mg L}^{-1}$, invierno= $1,12 \text{ mg L}^{-1}$ y primavera= $0,98 \text{ mg L}^{-1}$.

Orden de las temporadas: Otoño>verano>invierno>primavera

En el sector Frente Puntilla de León los valores de coeficiente de correlación de Pearson (r) son: verano= $0,826$; otoño= $0,094$; invierno = $-0,007$ y primavera= $0,999$

La correlación positiva de las temporadas de verano y primavera es más cercana a uno que en el sector anterior, de hecho la asociación positiva entre las variables en primavera es casi lineal.

La temporada de invierno y otoño arrojaron valores muy cercanos a cero por lo que no ocurrió una asociación lineal entre las variables en dichas temporadas.

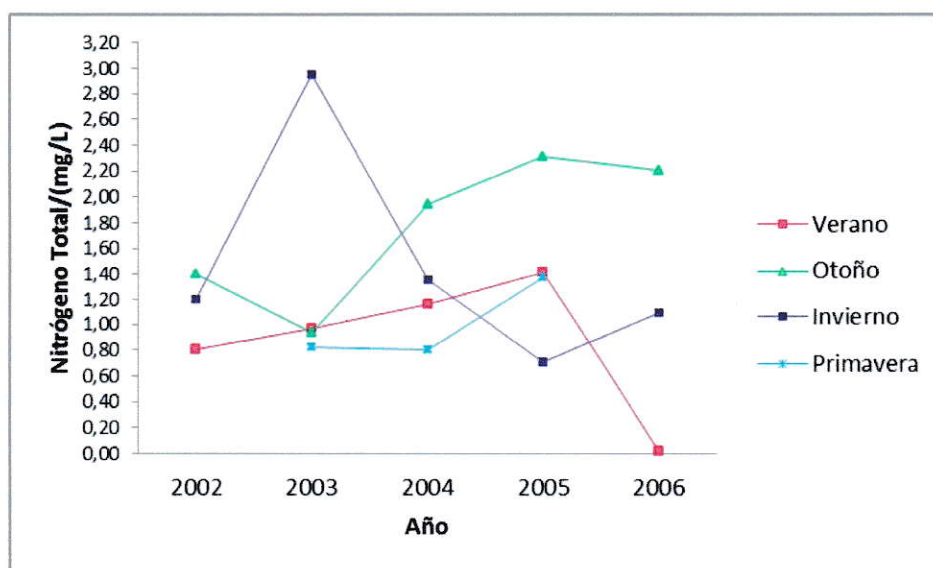


Figura 56: Nitrógeno total de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Valores promedio en verano: $1,09 \text{ mg L}^{-1}$, otoño= $1,76 \text{ mg L}^{-1}$, invierno= $1,46 \text{ mg L}^{-1}$ y primavera= $1,00 \text{ mg L}^{-1}$.

Orden de las temporadas: otoño > invierno > verano > primavera

En el sector Casa Bombas los valores de coeficiente de correlación de Pearson (r) son: verano= 0,995; otoño= 0,815; invierno = -0,449 y primavera= 0,851

Nuevamente en verano y primavera hay una asociación positiva, pero esta vez es más cercana a uno el valor de r obtenido en la temporada de verano.

A diferencia los otros dos sectores en la temporada de otoño se obtuvo un valor de r positivo cercano a uno, por lo que hay una correlación positiva entre las variables.

En la temporada invierno las variables tuvieron una asociación negativa intermedia.

En general las concentraciones de nitrógeno total han aumentado en el tiempo (excepto en invierno). Esto se puede deber al aumento de cianobacterias detectadas en las aguas de la Laguna, ya que estas son fijadoras de nitrógeno.

Los valores más altos se obtuvieron en otoño y los más bajos en primavera.

-Fósforo total

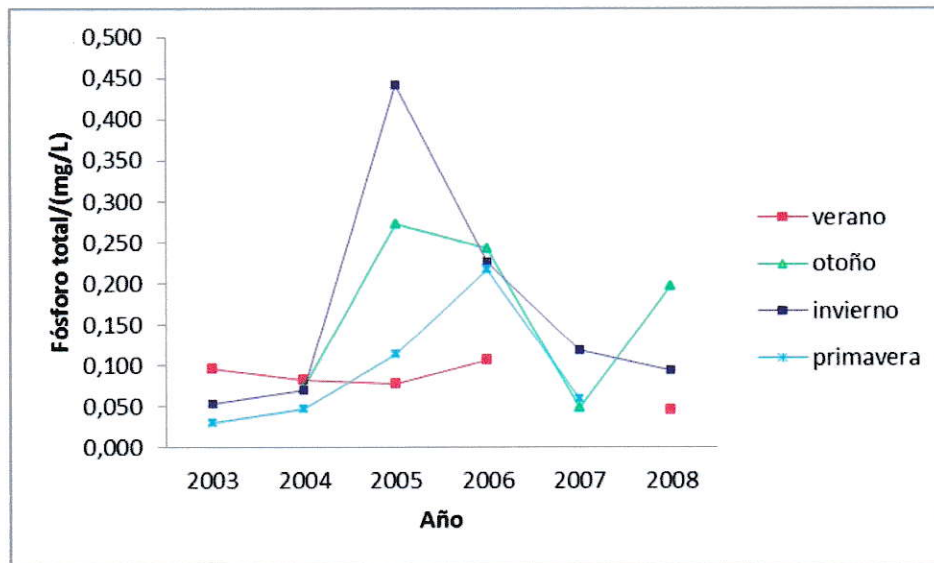


Figura 57: Fósforo total en las aguas de Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano= 0,082 mg L⁻¹, otoño= 0,167 mg L⁻¹, invierno= 0,167 mg L⁻¹ y primavera= 0,093 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: invierno y otoño>primavera>verano

Al hacer un análisis de correlación de las variables concentración de fósforo total vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,630; otoño= -0,039; invierno = 0,46 y primavera= 0,471.

En verano las variables estudiadas mostraron una asociación negativa relativamente fuerte. Por lo que hubo una disminución de la variable en el tiempo

Durante el otoño e invierno el valor de r se acercó mucho a cero, es decir, no hay una correlación lineal y no hubo un aumento de la variable.

En primavera las variables se comportaron con una asociación positiva ni fuerte ni débil.

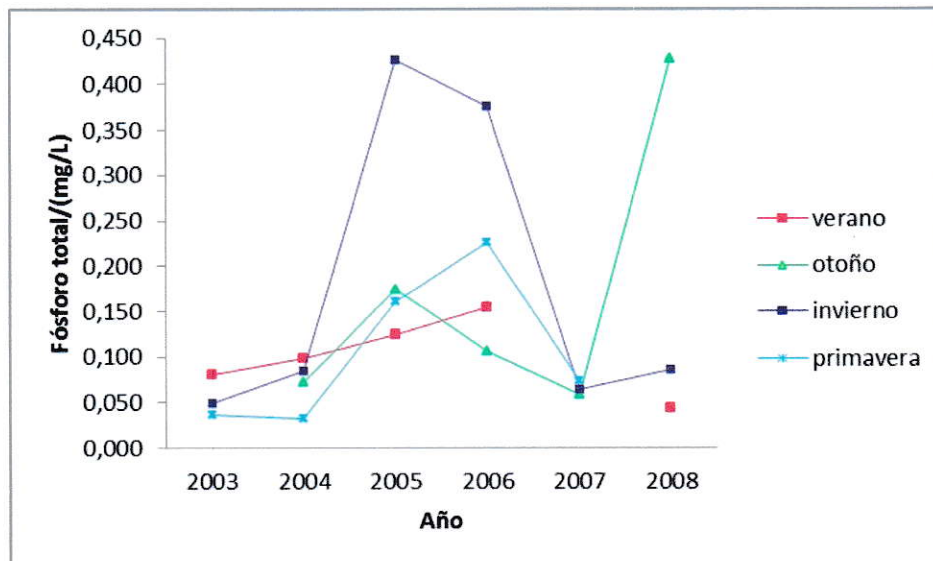


Figura 58: Fósforo total en las aguas de laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Valores promedio en verano= 0,100 mg L⁻¹, otoño= 0,168 mg L⁻¹, invierno= 0,181 mg L⁻¹ y primavera= 0,106 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: invierno>otoño>primavera>verano

En el sector Frente Puntilla de León se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,231; otoño= 0,620; invierno = 0,023 y primavera= 0,500

Al igual que en el sector anterior en verano las variables estudiadas mostraron una asociación negativa pero esta vez mas bien débil.

Durante el invierno el valor de r se acercó mucho a cero por lo que no hay una correlación lineal en este caso. Entonces la concentración de fósforo total no aumentó en el tiempo

En primavera y otoño las variables se comportaron con una asociación positiva más fuerte en esta última. Por lo que a medida que paso el tiempo hubo un aumento de la variable.

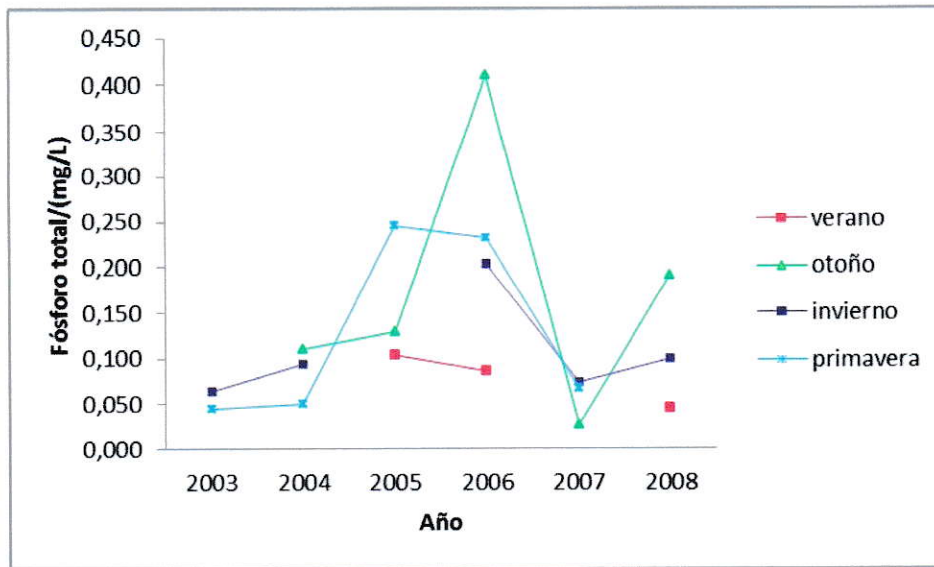


Figura 59: Fósforo total en las aguas de Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Valores promedio en verano= 0,078 mg L⁻¹, otoño= 0,174 mg L⁻¹, invierno= 0,107 mg L⁻¹ y primavera= 0,128 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: otoño>invierno>primavera>verano

En el sector Casa Bombas se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,999; otoño= 0,065; invierno = 0,226 y primavera= 0,348

Nuevamente en verano las variables estudiadas mostraron una asociación negativa pero esta vez es casi lineal, debido a que el valor de r es muy cercano a uno. Hubo un aumento de la concentración de P total directamente proporcional con respecto al tiempo. Pero si miramos el gráfico son solo tres años donde la DGA monitoreó por lo que solo fue en ese pequeño tramo.

Durante el otoño el valor de r se acercó a cero por lo que no hay una correlación lineal. No hubo un aumento en el tiempo

En primavera e invierno las variables se comportaron con una asociación positiva más bien débil. La concentración de P total aumento levemente en el tiempo

La concentración de fósforo total mostró un comportamiento poco uniforme en el tiempo con varios máximos y mínimos. Además hay muy pocos datos monitoreados en la temporada de verano por lo que no se puede interpretar de igual manera.

-Nitrito (NO_2^-)

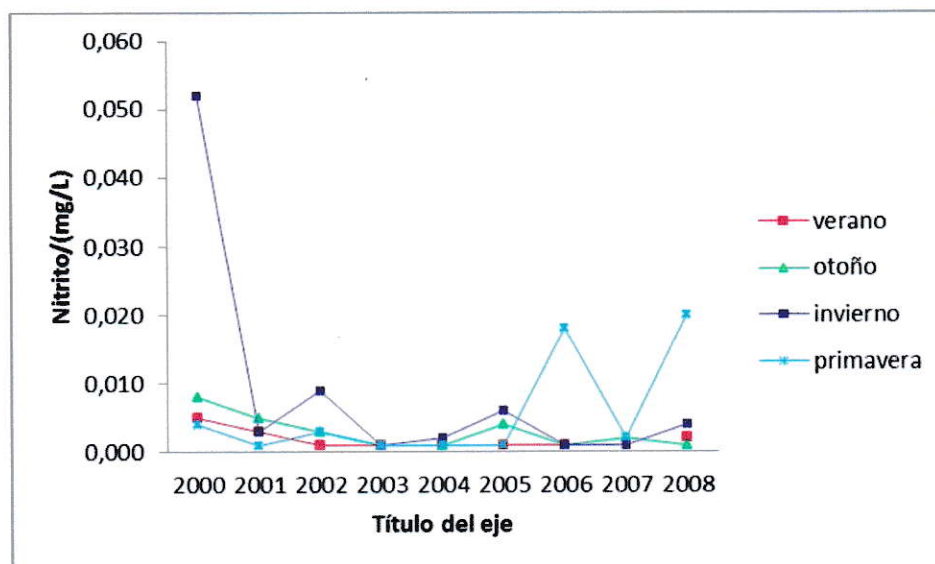


Figura 60: Concentración de nitrito en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano: $0,002 \text{ mg L}^{-1}$, otoño= $0,003 \text{ mg L}^{-1}$, invierno= $0,009 \text{ mg L}^{-1}$ y primavera: $0,006 \text{ mg L}^{-1}$.

Orden de las temporadas: invierno>primavera>otoño>verano

Al hacer un análisis de correlación de las variables concentración de nitrito vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,564; otoño= -0,716; invierno = -0,294 y primavera= 0,579.

En las temporadas otoño, verano, e invierno las variables poseen una correlación negativa donde la primera fue más fuerte y esta última la más débil. Al ser negativas hubo una disminución de la variable en el tiempo con distinta intensidad según corresponda.

En primavera las variables poseen una asociación positiva, por ende hubo un aumento de concentración de nitrito en el tiempo.

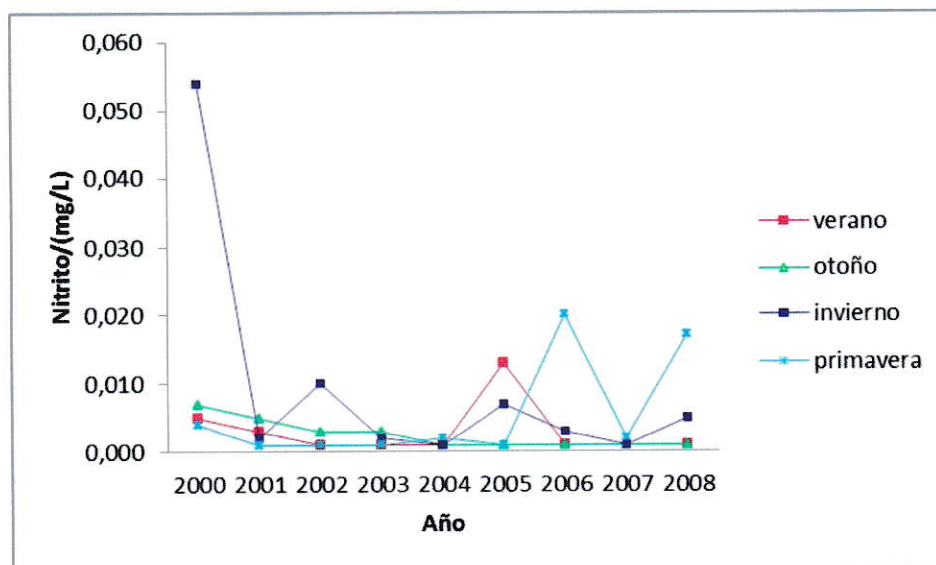


Figura 61: Concentración de nitrito en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Valores promedio en verano= 0,003 mg L⁻¹, otoño= 0,003 mg L⁻¹, invierno= 0,009 mg L⁻¹ y primavera= 0,005 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: Invierno>primavera>otoño y verano

En el sector Frente Puntilla de León se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano=-0,041; otoño= -0,877; invierno =-0,136 y primavera= 0,565.

En las temporadas otoño e invierno las variables poseen una correlación negativa. Pero este último es mucho más fuerte que la primera.

En verano no hubo asociación lineal entre las variables. En primavera las variables poseen una asociación positiva intermedia.

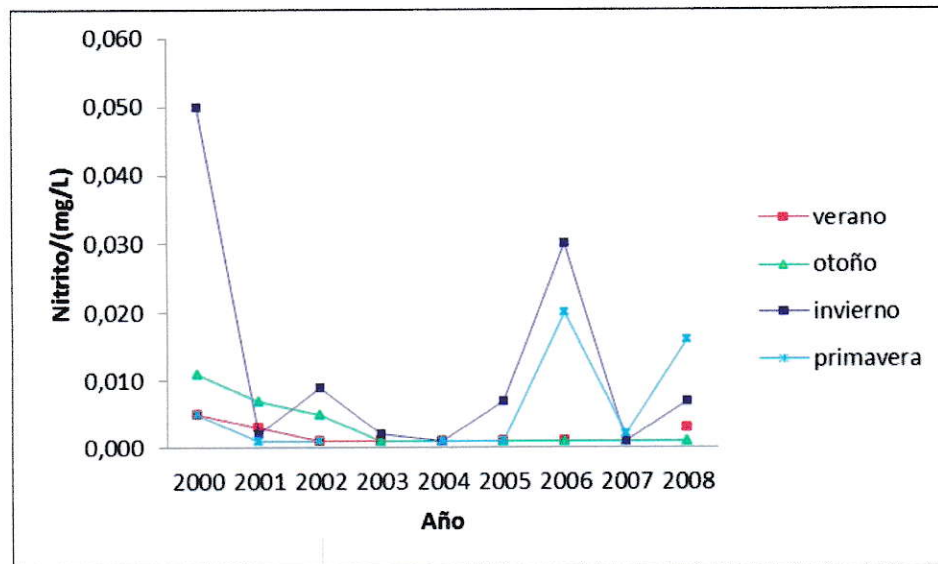


Figura 62: Concentración de nitrito en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Valores promedio en verano= 0,002 mg L⁻¹, otoño= 0,003 mg L⁻¹, invierno= 0,012 mg L⁻¹ y primavera= 0,006 mg L⁻¹.

Orden de las temporadas: Invierno>primavera>otoño> verano

En el sector Casa Bombas se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano=-0,389; otoño= -0,822; invierno =-0,347 y primavera= 0,514.

En las temporadas otoño, verano e invierno las variables poseen una correlación negativa, pero es el primero el que tiene una asociación negativa fuerte debido a que es más cercano a uno que las otras dos temporadas. En definitiva hubo una disminución de la variable en el tiempo.

En primavera las variables poseen una asociación positiva, por lo que hubo un aumento de la concentración de nitrito en el tiempo.

La concentración de nitrito en general posee un comportamiento bastante uniforme, de todos modos se observan algunos máximos en los años 2000; 2002 y 2007.

-Demanda Química de Oxígeno

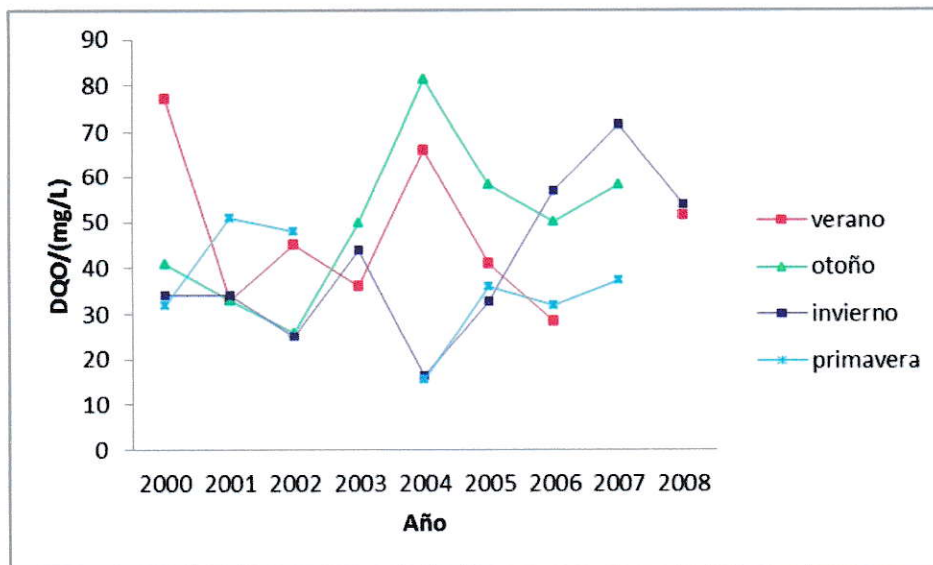


Figura 63: Demanda química de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio verano= $47,2 \text{ mg L}^{-1}$, otoño= $49,8 \text{ mg L}^{-1}$, invierno= $40,96 \text{ mg L}^{-1}$ y primavera= $35,98 \text{ mg L}^{-1}$.

Orden de las temporadas: otoño>verano>invierno>primavera

Al hacer un análisis de correlación de las variables DQO vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano=-0,280; otoño= 0,567; invierno = 0,645 y primavera= -0,310.

En las temporadas de verano y primavera las variables tuvieron una correlación negativa débil. Por lo que hubo una baja disminución de DQO en el tiempo.

En cambio las temporadas de otoño e invierno tuvieron una correlación positiva.

Por ende hubo un aumento de DQO en el tiempo.

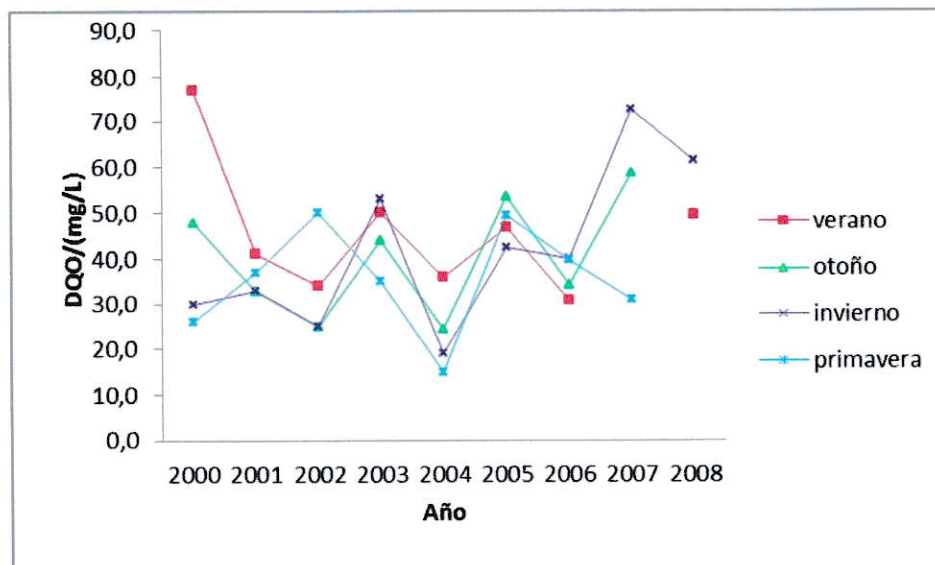


Figura 64: Demanda química de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente puntilla león.

Valores promedio en verano= $45,6 \text{ mg L}^{-1}$, otoño= $40,1 \text{ mg L}^{-1}$, invierno= $41,9 \text{ mg L}^{-1}$ y primavera= $35,5 \text{ mg L}^{-1}$.

Orden de las temporadas: verano > invierno > otoño > primavera

En el sector Frente Puntilla de León se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= -0,389; otoño= 0,334; invierno= 0,685 y primavera= -0,069.

En este sector la temporada de verano las variables tuvieron una correlación negativa débil. Por ende hubo una baja disminución de DQO en el tiempo. En cambio

las temporadas de otoño e invierno tuvieron una correlación positiva siendo más fuerte en esta última. Aumento de DQO en el tiempo.

En primavera las variables no tuvieron una asociación lineal debido a que r es muy cercano a cero.

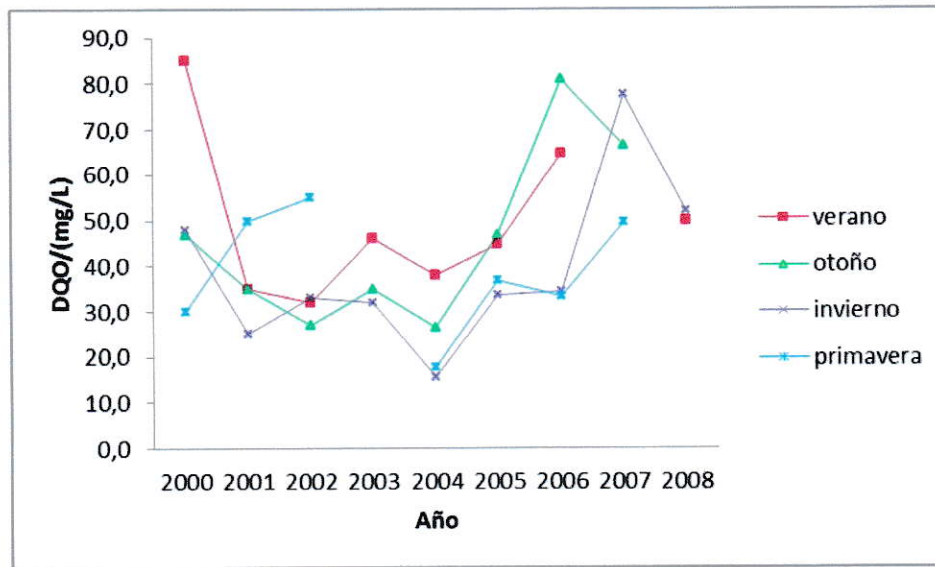


Figura 65: Demanda química de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa bombas

Valores promedio en verano= $49,401 \text{ mg L}^{-1}$, otoño= $45,6 \text{ mg L}^{-1}$, invierno= $39,02 \text{ mg L}^{-1}$ y primavera= $38,9 \text{ mg L}^{-1}$.

Orden de las temporadas: verano>otoño>invierno>primavera

En el sector Casa Bombas se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano= $-0,102$; otoño= $0,628$; invierno = $0,449$ y primavera= $-0,054$.

En la temporada de verano las variables tuvieron una correlación negativa pero débil. Baja disminución de DQO en el tiempo.

En cambio las temporadas de invierno y otoño tuvieron una correlación positiva siendo más fuerte en esta última. Por lo que hubo un aumento de DQO en el tiempo.

En primavera las variables no tuvieron una asociación lineal debido a que r fue muy cercano a cero. Por ende en esta temporada la demanda química de oxígeno se mantuvo.

En general el comportamiento de la variable DQO en el tiempo no fue muy uniforme, en los gráficos se observó varios máximos y mínimos a medida que pasan los años.

Desde el punto de vista ambiental la DQO no es una medida aproximada del contenido total de materia orgánica presente en una muestra de agua. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 mg L^{-1} . Las aguas residuales domésticas están entre 260 y 600 mg L^{-1} .

Como se observó en las figuras (63, 64 y 65) los valores varían entre los 30 mg L^{-1} y los 50 mg L^{-1} por lo que están fuera del rango de aguas no contaminadas. Entonces la materia orgánica existente dentro de las aguas es más alta de lo normal, lo cual se ve reflejado con el alto grado de eutrofización que tiene la Laguna.

-Porcentaje de Saturación de oxígeno

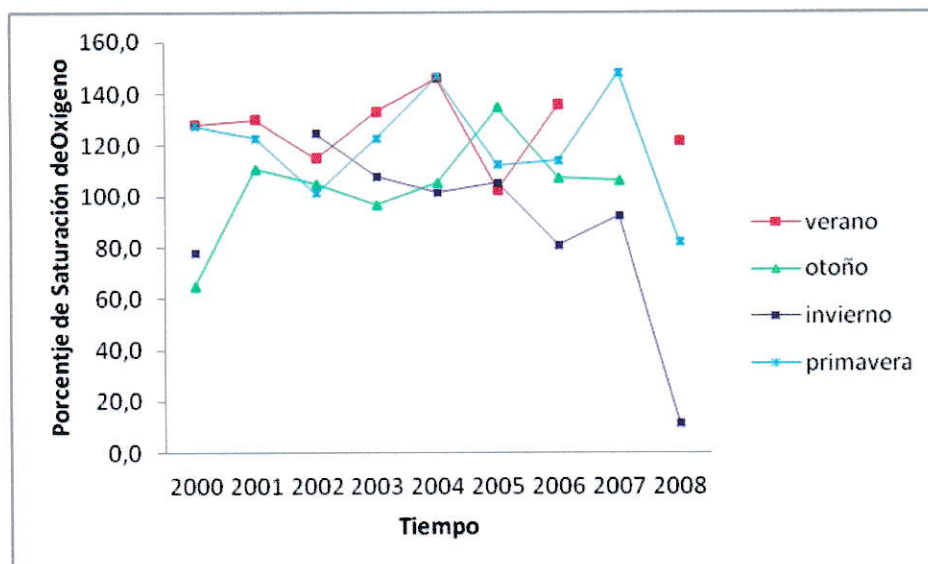


Figura 66: Porcentaje de saturación de oxígeno en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Valores promedio en verano: 126,5, otoño= 104,0, invierno= 87,8 y primavera= 119,7

Orden de las temporadas: Verano>primavera>otoño>invierno.

Al hacer un análisis de correlación de las variables porcentaje de saturación de oxígeno vs tiempo para cada temporada se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano=-0,094; otoño= 0,564; invierno=-0,533 y primavera= -0,201

En las temporadas primavera e invierno las variables estudiadas tuvieron una correlación negativa, pero en primavera fue más bien débil. Por ende hubo una pequeña disminución del porcentaje de saturación de oxígeno en el tiempo

En otoño r fue positivo por lo entre las variables hubo una asociación positiva más bien intermedia, por lo que en este caso hubo un aumento en el tiempo.

En verano no hubo asociación lineal entre las variables estudiadas (se mantuvo en el tiempo).

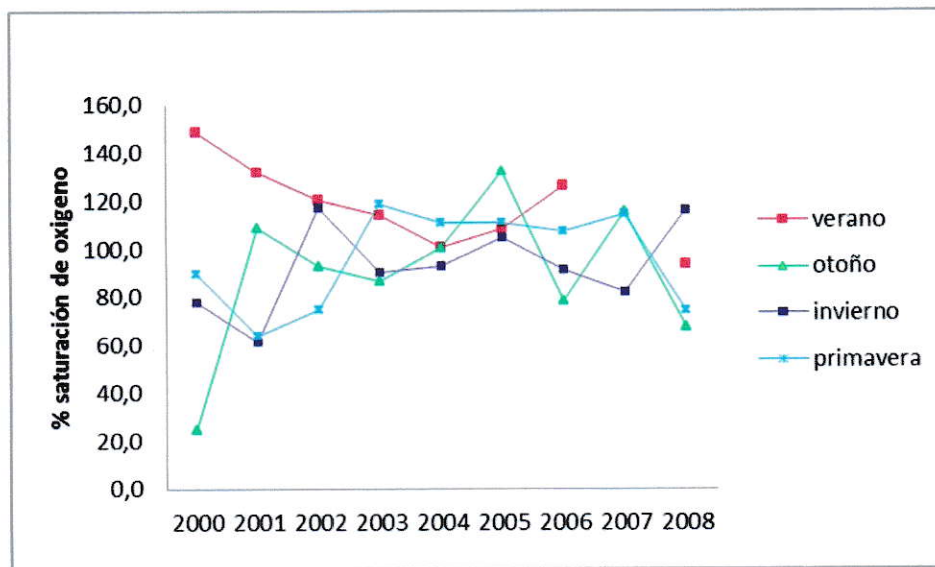


Figura 67: Porcentaje de saturación de oxígeno en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Valores promedio en verano= 117,7, otoño= 89,7, invierno= 92,6 y primavera= 96,0

Orden de las temporadas: verano >primavera>otoño>invierno.

En el sector Frente Puntilla León se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano=-0,776; otoño= 0,301; invierno =0,442 y primavera= 0,325.

En este sector en las temporadas de otoño, invierno y primavera las variables tienen una correlación positiva siendo más bien débil las temporadas primavera y otoño.

En invierno una correlación positiva intermedia (porcentaje de saturación de oxígeno aumentó en el tiempo).

En verano las variables estudiadas tuvieron una asociación negativa más bien fuerte. Por lo que se observó una disminución de la variable en el tiempo.

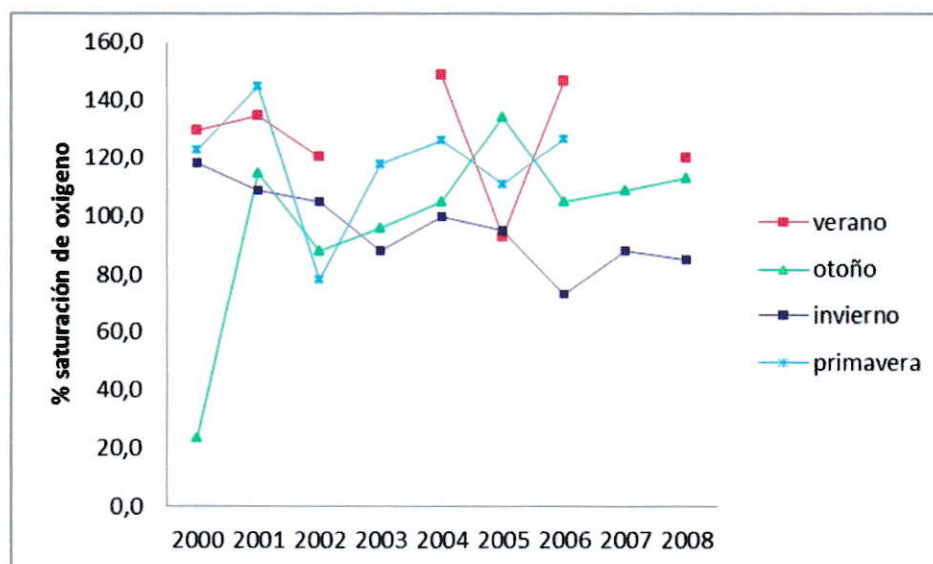


Figura 68: Porcentaje de saturación de oxígeno en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Valores promedio en verano= 127,4, otoño= 98,6, invierno= 95,6 y primavera= 118,1

Orden de las temporadas: verano > primavera > otoño > invierno.

En el sector Casa Bombas se obtuvo los siguientes valores de coeficiente de correlación de Pearson (r): verano=-0,129; otoño= 0,608; invierno =-0,835 y primavera=-0,036.

En las temporadas invierno y verano el valor de r fue negativo pero solo se puede decir que en invierno existió una correlación negativa fuerte entre las variables debido a que en verano fue baja. En general en estas temporadas hubo una disminución de la variable en el tiempo.

En otoño hubo una asociación positiva, por lo que aumento en el tiempo.

En primavera no hubo una asociación lineal entre las variables (se mantuvo en el tiempo).

El comportamiento general de la variable en el tiempo es más bien errático donde los valores más altos no sobrepasaron los 150% y los valores más bajos 60%, donde hubo un par de excepciones.

3.5 Propuesta para prevenir y/o mitigar el deterioro ambiental que existe en la Laguna de Aculeo.

Mediante este trabajo se ha podido comprobar que existen diversos problemas ambientales en la Laguna de Aculeo y sus alrededores, ya sea los impactos generados por las actividades antrópicas sin una regulación y las que ocurre de forma natural, las cuales se generan básicamente por las características de la cuenca y la Laguna.

Por lo mismo no se puede culpar por el deterioro solo a una actividad debido a que como se ha demostrado en esta investigación son muchas, esto sumando a las características de la Laguna y la cuenca en si. De todas formas a través de la matriz de Leopold se puede dar mayor importancia a algunas actividades según su impacto sobre la Laguna y así saber que actividad antrópicas sería más adecuada reducir o quizás eliminar.

Es por esto que se planteó distintas propuestas con el fin de mejorar o al menos mitigar el deterioro existente en la Laguna de Aculeo, estas propuestas deben apoyarse en los marcos jurídicos y organismos sectoriales existentes. Estas contienen recomendaciones necesarias para poder minimizar, la problemática de eutrofización de la Laguna.

De las medidas que se propondrán se recomienda hacer un estudio de factibilidad, para así saber cual es más viable según los recursos económicos que sea posible invertir por entidades privadas y organismos del estado involucrados, y además para detectar los beneficios y externalidades negativas que pudiese tener cada propuesta.

PROPUESTA 1: Prevención y manejo de la contaminación del agua de la Laguna

Primero es importante que las personas involucradas con el poder de decisión local y regional conozcan la importancia que tiene la Laguna más allá del aprovechamiento económico que se le da a esta, y también considerar el ecosistema que se está viendo afectado. No se está considerando que si se continúa deteriorando la Laguna, todos esos beneficios económicos se verán gravemente afectados. Es por esto que se recomienda tomar en cuenta las siguientes medidas par prevenir y manejar la contaminación de la Laguna:

- Control de inundaciones en sectores cercanos a los pozos sépticos de los campings, para así evitar la mezcla de aguas servidas con las aguas de la Laguna.
- Establecer límites que eviten que se construyan pozos sépticos en áreas inundables cercanas a la Laguna.
- Realizar un catastro y seguimiento del vertimiento de residuos líquidos, tanto domiciliarios (aguas servidas) como residuos de hidrocarburos provenientes de las embarcaciones con motor que circulan y recalán en la Laguna y otras instalaciones relacionadas. Esto permitirá contar con una base de datos actualizada de los puntos más recurrentes de vertimiento de líquidos residuales, permitiendo la mejora de la gestión de estos y la calidad del agua de la Laguna y cauces aportantes en relación con la carga orgánica, hidrocarburos, metales pesados y coliformes fecales de los vertimientos.

-Para controlar la contaminación con sedimentos realizar un programa de estabilización de riberas de cauces, quebradas y laderas de los principales subsistemas aportantes de agua y sedimentos, con vegetación nativa e intervenciones artificiales pertinentes. Esto permitirá estabilizar los suelos, disminuir su erosión y evitar la descarga excesiva de sedimentos sobre la Laguna y otros cauces aportantes durante la época de lluvias.

- Realizar una red de monitoreo integrado que incluya datos sobre calidad y abundancia de agua y sedimento, desde estaciones permanentes de monitoreo en la Laguna y principales cauces aportantes, considerando como base los siguientes parámetros físico-químicos: temperatura, profundidad, pH, conductividad, turbidez, concentración de clorofila a, nitrito, nitrato, fosfato, oxígeno disuelto, coliformes totales y fecales, alcalinidad total, color, sólidos sedimentables y disueltos, aceites y grasas, macroelementos (sodio, sulfatos) y metales pesados.

Esto permitirá generar y gestionar información respecto a aportes hídricos y sedimentológicos y de dinámica trófica en el espejo de agua y principales subsistemas aportantes de la Laguna.

PROPUESTA 2: Balance hídrico

Este punto es muy relevante debido a que un adecuado manejo del balance hídrico de las aguas de la Laguna permite mantener un “caudal ecológico” que conserve la calidad de agua necesaria para conservar las funciones de mantenimiento de la vida en los ecosistemas. Esto se puede realizar identificando tanto los recursos hídricos

disponibles como las diversas demandas para satisfacer las necesidades de agua a través de la cuenca. El uso de agua debe ser “sostenible” para que este mantenga su calidad.

Para cumplir esto se proponen las siguientes medidas:

- En la épocas en que el nivel de la Laguna es bajo se recomienda regular el nivel de extracción del agua, entre otros, para regadío de los cultivos, en particular en la zona sur de la Laguna que coinciden con el sector de más baja profundidad que pueden producir contacto entre zonas profundas anóxicas y zonas oxigenadas de la parte superior de la Laguna, con un intercambio de nutrientes y de gases tóxicos que para las especies acuáticas puede ser mortal.

- Disminuir el consumo de agua por parte de los sectores industriales, agrícolas, ganadero y humanos de la cuenca. Para cumplir con esta medida y que no se vean tan afectados los agricultores se puede implementar sistemas de riego más eficientes, como riego por goteo y los sistemas de micro irrigación, aunque constituyen alternativas costosas en el ámbito económico estas a largo plazo reducen el costo neto del agua abastecida. El ahorro del agua también se puede lograr al implementar métodos industriales y domésticos más eficaces. Esto se puede realizar concientizando a ambos sectores a usar este recurso de la manera más eficiente posible, esto se puede lograr haciendo campañas donde ambos sectores aprendan las distintas formas que existen como la reutilización del recurso, o bien simplemente tener mayor conciencia.

- Tener un registro de las extracciones y desviaciones del agua de la Laguna. Para esto realizar un catastro público de derechos de agua superficial y subterránea otorgados o en trámite actualizado anualmente. Esto deberá ir acompañado de la regularización de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas otorgados por la autoridad competente, que integre el concepto de caudal ecológico (o demanda ambiental hídrica, según corresponda) para así evitar las contingencias ambientales originadas por la disminución excesiva del volumen de agua por extracción humana. Estas medidas deberán relacionarse principalmente con la denominación de zonas de profundidad crítica para la navegación con embarcaciones de motor en época estival y la cuota de extracción de agua para riego. Esto permitirá adecuar las actividades recreativas y productivas a la realizada hídrica estacional e interanual de la Laguna, evitando con esto contingencias ambientales y protegiendo aquellas zonas someras del aumento excesivo del afloramiento algal.

PROPUESTA 3: Buenas practicas área turismo y recreación

En el área del turismo y ámbito recreacional se debe tomar medidas ya que estas contribuyen con el deterioro de la masa de agua es por esto que para minimizar el impacto de dichas actividades se indican las siguientes medidas:

- Prohibición de vehículos motorizados dentro de la Laguna. Medida aplicada en otros países con excelentes resultados ecológicos. Por ejemplo en Estados Unidos existe una

Ley denominada “Water Clean Act” en la cual hay lugares donde si se prohíbe el uso de vehículos acuáticos con el fin de proteger el ecosistema del lugar.

- Se recomienda solo uso de actividades acuáticas que usen velas o bien no tenga motores como kayak, botes a pedal, botes a remo entre otros.

-Construir un sistema de recolección de basuras y un relleno fitosanitario de éstas.

Exigir un buen nivel mínimo de equipamiento a los campings presentes en la los alrededores de la Laguna. Que cumpla con separación de basura, que sus fosas sépticas se encuentren a una distancia prudente de la laguna, prohibición de quema de leña, entre otras.

Al presentar éstas medidas con carácter obligatorio se debe explicar el por qué y quienes se ven beneficiados con esta medida, es decir, dar entender que esta medida es para preservar el recurso y que los beneficiados son todas las personas que utilizan la Laguna (Propietarios de casa que colindan con la Laguna, regantes, turistas etc). Ya que un uso irracional del recuso agua en un futuro no lejano producirá que ya no se pueda utilizar más.

PROPUESTA 4: Gestión para usos del Suelo

Medidas proyectos inmobiliarios

A los proyectos inmobiliarios se tiene que realizar una fuerte fiscalización, se debe exigir que cumplan con lo propuesto dentro del estudio de declaración de impacto ambiental o estudio de impacto ambiental según corresponda para así evitar que los residuos generados por los diferentes procesos de construcción e implementación aumenten el daño de la Laguna debido a los impactos negativos que produce esta actividad.

-Se debe establecer una norma de control de la erosión y sedimentación para sitios en construcción por parte de la municipalidad de Paine. En Estados Unidos existe inclusive una ley que prohíbe estrictamente la liberación de sedimentos en dicho rubro, pues los sedimentos son el contaminante principal de la mayoría de los cursos de agua en el mundo.

-Además investigar por qué hay privados que han ocupado parte de la Laguna que ya no tiene agua como parte de su terreno (aumento del área de su parcela). Donde también construyen y contaminan directamente ya que están en la orillas de esta. Es por esto que se debe crear conciencia a los propietarios que colindan con la Laguna, a través de educación ambiental, ya que al aumentar su terreno con construcciones de terraplenes,

terrenos e islas dentro de la Laguna, agregan materiales que como se ha dicho anteriormente aumenta el estado de eutrofización de esta y por ende su deterioro.

Medidas área uso forestal

La extracción de leña, la extracción de tierra de hoja, el uso forestal no maderero etc. intervienen notoriamente en el ecosistema, por lo que las propuestas son:

-Desarrollar un programa de reforestación con especies nativas que contribuiría a frenar la erosión de las laderas y por consiguiente disminuir el aporte de sedimentos y minimizar los aportes de nitrógeno al cuerpo de agua.

-Implementar planes de educación ambiental, a través de organismos como la municipalidad de Paine, CONAMA, CONAF, con el objetivo de capacitar y frenar la erosión de las laderas y por consiguiente disminuir el aporte de sedimentos y minimizar los aportes de nitrógeno al cuerpo de agua.

- Desarrollar planes de educación ambiental, a través de los mismos organismos antes nombrados, con objetivo de capacitar y dar a conocer a la población de Aculeo y a la población flotante que llega en temporadas estivales acerca de la importancia de la preservación y conservación del bosque nativo en la zona.

Medidas área uso Agrícola

Entre las medidas que se pueden acoger para tener una agricultura, que sea sostenible se proponen las siguientes medidas dentro de la cuenca.

- Prohibir el uso de pesticidas en lugares sensibles, como por ejemplo donde exista peligro de erosión. O bien cerca de canales de regadío que luego pudiesen llegar a la Laguna.

- Utilizar tecnología moderna para la aplicación de pesticidas. Y además que las personas que apliquen el pesticida estén capacitadas para que así optimicen su uso y así exista el menor residuo posible.

- Controles en el uso de suelos: consiste en la restricción (zonas protegidas) o control de los usos de la tierra en una cuenca de drenaje, lo que produce un escape de nutrientes a un lago. Este puede ser uno de los métodos más efectivos para controlar la entrada de nutrientes en lagos. Para esto se deben hacer estudios de pendiente, permeabilidad etc. para saber qué zona se debe proteger.

- Rotación de cultivos: disminuye la erosión y el uso de plaguicidas.

- Aplicación racional del nitrógeno; para lograr esto se debe tener en cuenta las necesidades de los cultivos y la cantidad de nitrógeno en el suelo.

- Mantener cubierta vegetal; en la medida de lo posible, el suelo debe estar cubierto de vegetación. Es decir evitar la deforestación y restringir de cierta forma los nuevos proyectos que se desarrollan en altas pendientes. Con ello se impide la acumulación de nitrógeno soluble mediante la absorción del nitrógeno mineralizado y se evita la lixiviación durante los períodos de lluvia. Para mantener esta cubierta hay que restringir la recolección de tierra de hojas ya que esto es una actividad que si se realiza en los alrededores de la Laguna.

- Controlar el período entre cosechas. Debido a que los desechos orgánicos producidos por la recolección se mineralizan fácilmente en nitrógeno lixiviable. Entre las medidas que se pueden adoptar para reducir este nitrógeno figuran la plantación de cultivos de "abono verde", y el aplazamiento de las labores de aradura para incorporar la paja, raíces y hojas en el suelo.

-Realizar un monitoreo en los esteros Pintué y Cabras para determinar si es afluentes de nutrientes como nitrógeno o fósforo provenientes de la agricultura. Para esto hay que investigar y elegir bien los puntos de muestreo.

-Impulso del desarrollo de una agricultura orgánica, la cual genere nuevas instancias de desarrollo económico local, bajo la perspectiva de conservación, producción sustentable y cuidado del entorno de la cuenca de Aculeo.

-Desarrollo de iniciativas de compostaje a partir de los desechos agrícolas, de modo de disminuir la presión sobre la vegetación nativa asociada a las actividades de extracción de tierra de hoja y reducir las quemadas ilegales de rastrojos.

En la actualidad muchas de estas medidas sólo se pueden llevar a cabo dentro de un marco de acuerdos voluntarios. Se puede lograr una mayor aceptación solamente a través de la compensación o el apoyo guiado por los objetivos de nuevas estrategias de mercado o métodos de producción sostenibles.

IV. CONCLUSIONES

Junto a la investigación bibliográfica y los resultados obtenidos se concluye que la hipótesis “Las características intrínsecas y morfológicas de la Laguna de Aculeo han producido la eutrofización de sus aguas, este problema se ha agravado debido al incremento de actividades antrópicas que se practican dentro y en los alrededores de la Laguna. Esto se ve reflejado en el no cumplimiento de los estándares de calidad exigidos en la norma Chilena de calidad de Agua N°1.333 y límite entregados por la OEDC.” se acepta debido a que según lo investigado la Laguna de Aculeo presenta una tendencia natural a la eutrofización dadas sus características intrínsecas, entre las cuales se puede nombrar los escasos eventos de renovación del agua en el periodo interanual; la turbulencia por efecto de los vientos que aceleran el intercambio de nutrientes disueltos entre los sedimentos y la masa de agua; la afluencia de fosfatos y nitratos incorporados a los caudales afluentes que drenan a la Laguna; la batimetría de la Laguna, que en su mayor extensión es superficial; entre otros factores. Esto sumado a todas las actividades antrópicas detectadas mediante investigación y analizadas en la matriz de Leopold, efectivamente se considera que han agravado el problema de eutrofización. En resumen se concluye que la Laguna de Aculeo representa un caso típico de un proceso de eutrofización natural acelerado por el efecto antrópico.

En relación al cumplimiento de la Norma Chilena N°1333 de “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de agua según el uso dado al recurso” y los resultados obtenidos se puede decir que las aguas de la Laguna no es apta para el uso de contacto

directo con humanos, por lo que no puede ser autorizado el nado en las aguas de la Laguna. Tampoco se cumple la norma que permite la vida acuática dentro de la Laguna lo cual podría ser una de las causas que han producido la mortandad de algunos peces. El agua de la Laguna para regadío sería apta pero habría que tener cuidado con los cultivos sensibles a pH básicos.

El análisis trófico arrojó que la Laguna de Aculeo se encuentra en un estado de eutrofización muy alto, entre estado eutrófico e hipertrófico durante el periodo 2000-2008. Por ende la Laguna presenta una condición de deterioro bastante marcada, los niveles de fósforo, nitrógeno, clorofila α lo ubican en una condición eutrófica alta; sin embargo no se detecta, a nivel de valores medios anuales, una tendencia de agravamiento en el tiempo.

Según los diversos datos aportados por la literatura científica y la interpretación de los datos entregados por la DGA, la profundidad de la columna de agua es un factor determinante en la dinámica trófica de la Laguna. Hay un ciclo estacional que sugiere máximos en épocas de intensas lluvias, por lo general entre julio y agosto, y en época de deshielos entre septiembre y noviembre.

Como se clasificó a la Laguna en un nivel fuertemente eutrófico, se pudo comparar con la Tabla 5: Condición trófica y relación con la calidad del agua (Parra, 1989) (datos indicados por la OECD) con la cual se pudo determinar de forma cualitativa que no habría problemas con utilizar las aguas de la Laguna de Aculeo para producción de

energía y riego, destacando que este último es uno de los usos más importantes que se le da a las aguas de la Laguna. Para acuicultura y producir agua potable definitivamente no se podría utilizar las aguas de la Laguna, ya que requiere un nivel trófico de baja concentración de nutrientes (Oligotrófico).

Por otro lado el problema de calidad de aguas se ve reflejado como se dijo anteriormente en el no cumplimiento de algunas variables normadas en la NCh N°1.333, cabe mencionar que una norma no se cumple cuando al menos uno de los requisitos exigidos no se cumple, es por esto que es de suma importancia continuar con el monitoreo de la Laguna y así conocer su estado actual. O bien realizar una investigación puntual pero que permita evaluar las aguas de la Laguna con datos actuales ya que por parte de la DGA solo se tiene datos hasta el año 2008.

A partir de la identificación de los distintos usos de suelos que se da alrededor de la Laguna se evaluó el impacto que tiene cada actividad antrópica a partir de la matriz de Leopold que está especialmente construida para determinar que actividad tiene un mayor impacto en las aguas y alrededor de la Laguna. En esta se pudo ordenar el impacto ambiental de las siguientes actividades antrópicas de forma creciente según su magnitud e importancia: actividades agrícolas, campings, actividades inmobiliarias, extracción de tierra de hojas y utilización de vehículos acuáticos motorizados.

Recopilando todos los antecedentes estudiados con los resultados obtenidos hasta el momento no se puede atribuir únicamente que el deterioro que ha tenido la Laguna sea

debido al incremento de una actividad antrópica específica, ya que a todas se le puede atribuir algún impacto sobre la Laguna, lo que si esta claro y es lo que permite identificar en la matriz de Leopold es cuales actividades afectan en mayor magnitud y así poder implementar soluciones a las actividades con un impacto significativo sobre la Laguna. Se recomienda hacer un estudio de los canales que llegan con agua a la Laguna para atribuir responsabilidades.

La matriz de Leopold nos permitió observar cuan intervenida esta la Laguna. Donde se ve afectado la componente agua y suelo del ecosistema estudiado, además se pudo determinar la importancia y magnitud de cada actividad para así saber que actividades era más eficaz “evitar” o “disminuir” para minimizar o al menos mitigar su impacto sobre la Laguna.

Según lo investigado y observado en la matriz de Leopold las actividades turísticas específicamente los deportes náuticos son los que directamente producen un impacto negativo sobre la Laguna. Ya que además de contaminar las aguas con derrames de aceites, combustibles y grasas, se suma que los vehículos con motor fuera de borda producen un mezclamiento de los sedimentos y nutrientes de la Laguna, en las zonas hipolimnéticas y epilimnéticas de la Laguna, agravando la eutrofización existente.

De la comparación entre cada sector de los gráficos parámetro vs tiempo se observó que no hay una diferencia significativa entre cada sector lo cual va acorde a las características de la Laguna debido a que posee aguas mezcladas lo que es característico

a lagos someros. Cabe destacar que esta es una comparación entre sectores y lo cual se midió a la misma profundidad.

Según la información recaudada en el ámbito legal sobre la Laguna de Aculeo se puede concluir que el cauce de la Laguna sería de propiedad privada, por no tratarse de una laguna navegable por buques de más de cien toneladas. El determinar a quién corresponde dicha propiedad en la actualidad es un tema que en definitiva deben esclarecer los tribunales, a petición de los interesados.

Por último las aguas de la Laguna son bienes nacionales de uso público y han sido objetos de derechos de aprovechamiento, respecto de los cuales no se ha determinado con claridad cuántos son y quiénes son sus titulares.

V. REFERENCIAS

Bécares, E. y. (2004). Funcionamiento de los lagos someros mediterraneos. ECOSISTEMAS .

Cabrera, S. y V. Montecino. (1982). *Eutrophy in Lake Aculeo, Chile. Plant and Soil*. Vol 67 (1-3):377-287.

CED, C. d. (2008). *Diseño y ejecución de una programa de gestión ambiental participativo para la cuenca de la Laguna de Aculeo*. Región metropolitana, Chile.

Andaur, V. (2008). *Dinámica química de la laguna de acúleo y caracterización del fitoplancton*. . Region Metropolitana, Santiago.

CENTRO EULA. (2004). *Establecimiento de un ordenamiento territorial orientado a la proteccios y uso sustentable del área del cordo de Cantillana*. Concepción, Chile.

Corporation, S. (2011). *Online Encyclopedia*. Obtenido de <http://dictionary.sensagent.com/nitrito/es-es/>

DGA. (2002). *Informe de Gestión* . Santiago.

Duran, B. &. (2000). *Modeling the response of phosphorus loading to lake Villarrica, Chile*. Living Earth Institute. Olympia. Washington, USA.

Laguna de Aculeo, Chile. (2000). Recuperado el 12 de agosto de 2011, de Laguna de Aculeo, Chile, mapas, articulos medio ambiente, fotografia, venta de casas: www.lagunadeaculeo.com

Landaeta, Cruz J. *potenciales impactos generados por el dragado y la descarga de material de dragado*. Caracas, Venezuela.

- Lanza, G. d. (1999). Físico química del agua y cosecha de fitoplancton en la Laguna costera tropical. *Ciencia Ergo Sum* , 147.
- Leyton, H. (2007). *Proposición de un plan de gestión ambiental para minimizar el proceso de eutrofización en la cuenca de la Laguna de Aculeo*. Region Metropolitana Chile. Santiago.
- Medail, F. y P. Quezel. (1997). *Hot-Spots Analysis for Conservation of Plant Biodiversity in the Mediterranean Basin*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. 84 (19): 112-127.
- Ministerio de Obras Públicas. (s.f.). *DGA*. Recuperado el 25 de enero de 2012, de www.dga.cl
- Paredes, L. (2009). *Estudio de la calidad del agua de la laguna de acúleo y análisis de sedimento*. Santiago.
- Parra, O. (1989). *La eutrofización de la Laguna Grande de San Pedro*,. Chile.
- Sansores, J. P. (2003). *Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas*.
- Sea Grant*. (2002). Recuperado el 10 de septiembre de 2011, de <http://www.seagrantpr.org>
- Sepúlveda, M. (2004). *Estrategias para el uso sostenible de los recursos naturales utilizando el enfoque de cuencas. Estudio de Caso*. Revista electrónica REDLACH N° 1 Año 1: 19-26.
- SEREMI del Medio Ambiente. (12 de septiembre de 2011). Mapas. *Uso de suelos en Cuenca Laguna de Aculeo* . Santiago, Chile.

Servicio Agrícola y Ganadero. (1979). *Recursos naturales de la zona de la zona de la laguna de Aculeo*. Ministerio de Agricultura/ SAG/ DEPROREN. Santiago, Chile.

UPRM. (2011). *Nutrientes y Gases: Fósforo*. Obtenido de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-fosforo.pdf>

Vila, I. (2003). *Los sistemas acuáticos continentales, su ontogenia natural acelerada por efecto antropico: la eutrofización y la salinización*. Obtenido de http://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/08-sistemas_acuaticos_efecto_antropico.htm

Vila, I. (1992). *Estudio Caracterización limnológica de la Laguna de Aculeo: con énfasis en eutrofia*. Ilustre Municipalidad de Paine y Departamento de Ciencias Ecológicas de la Universidad de Chile. 30 pp.

Vila, I.; V. Montecino; H. Muhlhauser y S. Cabrera. (1986). *Diagnóstico y Evaluación del potencial biológico de lagos naturales y artificiales de Chile Central*. *Ambiente y Desarrollo*, Vol. 2(1):127-137.

VI. ANEXOS

ANEXO I. TABLAS

1. Porcentaje de saturación de oxígeno

Tabla 10: Porcentaje de saturación de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Porcentaje de saturación de oxígeno %				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	128,0	64,9	78,0	127,4
2001	130,0	110,9	-	122,8
2002	115,0	105,0	124,7	101,4
2003	133,0	96,7	107,8	123,0
2004	146,0	105,6	101,5	146,4
2005	102,6	134,8	105,5	112,5
2006	135,7	107,5	80,7	114,1
2007	-	106,5	92,5	148,0
2008	122,0	-	11,5	82,0

Tabla 11: Porcentaje de saturación de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León

Porcentaje de saturación de oxígeno %				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	148,5	24,6	77,9	89,5
2001	131,6	109,0	61,5	63,7
2002	120,0	93,0	117,2	74,9
2003	113,9	86,8	90,2	118,8
2004	100,6	100,5	92,9	110,7
2005	108,0	132,0	104,6	110,6
2006	125,6	78,2	91,1	107,0
2007	-	115,5	81,7	114,3
2008	93,3	67,4	115,9	74,3

Tabla 12: Porcentaje de saturación de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Porcentaje de saturación de oxígeno %				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	129,5	23,8	118,1	122,9
2001	134,6	114,4	108,4	145,0
2002	120,0	88,0	104,8	78,1
2003	-	95,7	88,3	117,4
2004	148,7	104,8	99,5	126,2
2005	93,0	134,4	95,1	110,9
2006	146,4	104,6	73,2	126,4
2007	-	108,5	88,0	-
2008	119,7	113,0	84,9	-

2. Conductividad específica

Tabla 13: Conductividad específica de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Conductividad específica mS cm⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	325,0	239,0	194,5	204,0
2001	230,0	239,0	180,0	213,0
2002	240,0	175,0	164,0	194,0
2003	208,0	223,0	209,0	245,1
2004	239,0	250,0	253,0	237,9
2005	284,0	289,0	239,2	233,0
2006	265,0	261,0	226,0	251,0
2007	-	262,0	270,0	253,0
2008	313,9	329,1	282,8	247,7

Tabla 14: Conductividad específica de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Conductividad específica mS cm⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	327,0	254,0	196,0	204,0
2001	230,0	240,0	182,0	213,0
2002	228,0	174,0	173,0	196,0
2003	208,0	223,0	217,0	246,7
2004	240,3	252,0	255,8	241,0
2005	284,0	286,0	241,6	234,0
2006	265,0	262,0	230,0	239,0
2007	-	262,0	272,0	256,6
2008	314,9	330,1	273,5	247,9

Tabla 15: Conductividad específica de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Conductividad específica mS cm⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	328,0	278,0	188,5	205,0
2001	230,0	239,0	180,0	212,0
2002	232,0	182,0	175,0	196,0
2003		221,0	218,0	246,8
2004	239,8	251,0	252,9	239,2
2005	285,0	289,0	243,3	234,0
2006	265,0	263,0	231,0	238,0
2007		263,0	272,0	255,0
2008	313,9	326,8	292,2	

3. Temperatura

Tabla 16: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Temperatura

Temperatura °C				
Año	Verano	Otoño	Invierno	primavera
2000	21,6	10,6	12,3	27,0
2001	24,5	11,9	13,9	28,8
2002	22,4	11,6	13,6	24,1
2003	27,3	11,9	11,6	24,7
2004	24,6	16,7	10,8	19,8
2005	24,7	18,3	13,1	20,6
2006	26,3	18,0	13,6	20,5
2007	-	15,6	9,1	20,9
2008	28,2	18,2	11,7	21,9

Tabla 17: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente puntilla león

Temperatura °C				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	24,9	12,1	13,0	26,4
2001	25,0	12,6	13,6	26,5
2002	24,0	11,5	15,4	27,0
2003	27,2	12,0	12,2	27,8
2004	23,7	17,6	11,0	23,1
2005	25,7	20,5	13,4	24,0
2006	27,9	17,9	14,8	22,4
2007	-	16,8	9,9	21,6
2008	26,1	17,8	11,8	21,2

Tabla 18: Temperatura de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Temperatura °C				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	24,9	11,9	13,1	27,3
2001	25,3	12,8	14,6	28,6
2002	25,0	11,3	15,8	25,9
2003	28,5	11,9	11,6	27,1
2004	25,7	17,7	11,3	23,2
2005	24,7	19,5	14,2	23,6
2006	28,9	18,0	13,8	23,9
2007	-	18,3	9,9	23,2
2008	28,0	17,3	11,8	-

4. Demanda química de oxígeno

Tabla 19: Demanda química de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Demanda química de oxígeno mg L ⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	77	41	34,0	32,0
2001	33	33	34,0	51,0
2002	45	26	25,0	48,0
2003	36	50	44,0	-
2004	66	81,44	16,3	15,7
2005	40,81	58,207	32,7	35,9
2006	28,45	50,2	56,9	32,0
2007	-	58,21	71,8	37,3
2008	51,38	-	54,0	-

Tabla 20: Demanda química de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León

Demanda química de oxígeno mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	77,0	48,0	30,0	26,0
2001	41,0	33,0	33,0	37,0
2002	34,0	25,0	25,0	50,0
2003	50,0	44,0	53,0	35,0
2004	36,0	24,4	18,9	15,0
2005	46,7	53,7	42,4	49,5
2006	30,7	34,2	40,1	39,8
2007	-	58,9	72,8	31,0
2008	49,5	-	61,6	-

Tabla 21: Demanda química de oxígeno de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Demanda química de oxígeno mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	85,0	47,0	48,0	30,0
2001	35,0	35,0	25,0	50,0
2002	32,0	27,0	33,0	55,0
2003	46,0	35,0	32,0	-
2004	38,0	26,3	15,7	17,6
2005	44,7	46,9	33,6	36,9
2006	64,7	81,0	34,3	33,3
2007	-	66,6	77,6	49,5
2008	49,8	-	52,0	-

5. Nitrógeno total

Tabla 22: Nitrógeno total de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Nitrógeno total mg L⁻¹				
Año	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
2002	0,79	1,16	1,04	-
2003	1,15	1,05	-	0,66
2004	1,40	2,90	1,21	0,75
2005	1,17	1,77	0,60	1,21
2006	1,33	0,97	1,10	-

Tabla 23: Nitrógeno total de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente puntilla de león

Nitrógeno total mg L⁻¹				
Año	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
2002	0,90	1,24	1,11	-
2003	0,96	1,15	-	0,74
2004	1,37	1,76	1,29	0,97
2005	1,17	1,86	0,86	1,24
2006	1,37	1,00	1,23	-

Tabla 24: Nitrógeno total de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa bombas

Nitrógeno total mg L⁻¹				
Año	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
2002	0,80	1,41	1,20	-
2003	0,97	0,94	2,95	0,82
2004	1,16	1,95	1,36	0,80
2005	1,41	2,31	0,71	1,38
2006	-	2,21	1,09	-

6. Nitrato

Tabla 25: Concentración de Nitrato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Nitrato mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,02	0,04	0,46	0,24
2001	0,09	0,06	0,18	0,06
2002	0,13	0,60	0,29	0,05
2003	0,07	0,42	0,03	-
2004	0,06	0,07	0,11	0,05
2005	0,08	0,10	0,21	0,06
2006	0,06	0,09	0,23	0,23
2007	-	0,06	0,11	0,02
2008	0,07	0,11	0,68	2,42

Tabla 26: Concentración de Nitrato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León

Nitrato mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,03	0,06	0,31	0,20
2001	0,08	0,05	0,19	0,04
2002	0,16	0,58	0,30	0,05
2003	0,06	0,04	0,03	-
2004	0,06	0,09	0,06	0,05
2005	0,09	0,09	0,21	0,07
2006	0,06	0,06	0,02	0,20
2007	-	0,05	0,12	0,15
2008	0,07	0,13	0,63	1,90

Tabla 27: Concentración de Nitrato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Nitrato mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,03	0,06	0,27	0,18
2001	0,09	0,06	0,20	0,05
2002	0,13	0,61	0,30	-
2003	0,05	0,04	0,03	.
2004	0,07	0,06	0,06	0,06
2005	0,06	0,08	0,28	0,06
2006	0,07	0,09	0,24	0,17
2007	-	0,03	0,12	0,03
2008	0,07	0,10	0,89	2,16

7. Nitrito

Tabla 28: Concentración de Nitrito de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Nitrito mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,005	0,008	0,052	0,004
2001	0,003	0,005	0,003	0,001
2002	0,001	0,003	0,009	0,003
2003	0,001	0,001	0,001	0,001
2004	0,001	0,001	0,002	0,001
2005	0,001	0,004	0,006	0,001
2006	0,001	0,001	0,001	0,018
2007	-	0,002	0,001	0,002
2008	0,002	0,001	0,004	0,020

Tabla 29: Concentración de Nitrito de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Nitrito mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,005	0,007	0,054	0,004
2001	0,003	0,005	0,002	0,001
2002	0,001	0,003	0,010	0,001
2003	0,001	0,003	0,002	0,001
2004	0,001	0,001	0,001	0,002
2005	0,013	0,001	0,007	0,001
2006	0,001	0,001	0,003	0,020
2007	-	0,001	0,001	0,002
2008	0,001	0,001	0,005	0,017

Tabla 30: Concentración de Nitrito de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Nitrito mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,005	0,011	0,050	0,005
2001	0,003	0,007	0,002	0,001
2002	0,001	0,005	0,009	0,001
2003	0,001	0,001	0,002	-
2004	0,001	0,001	0,001	0,001
2005	0,001	0,001	0,007	0,001
2006	0,001	0,001	0,030	0,020
2007	-	0,001	0,001	0,002
2008	0,003	0,001	0,007	0,016

8. Ortofosfato

Tabla 31: Concentración de Ortofosfato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Ortofosfato mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,006	0,036	-	0,003
2001	0,003	0,003	0,003	0,003
2002	0,003	0,068	0,009	0,003
2003	0,003	0,003	0,003	0,003
2004	0,003	0,003	0,003	0,003
2005	0,003	0,003	0,003	0,003
2006	0,003	0,003	0,006	0,019
2007	-	0,003	0,003	0,003
2008	0,003	0,003	0,003	-

Tabla 32: Concentración de Ortofosfato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla León

Ortofosfato mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,013	0,029	0,003	0,003
2001	0,003	0,006	0,003	0,003
2002	0,003	0,023	0,006	0,003
2003	0,003	0,003	0,003	0,003
2004	0,003	0,003	0,003	0,003
2005	0,006	0,003	0,003	0,003
2006	0,003	0,003	0,003	0,003
2007	-	0,003	0,003	0,003
2008	0,003	0,003	0,003	-

Tabla 33: Concentración de Ortofosfato de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Ortofosfato mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,003	0,023	0,003	0,003
2001	0,003	0,010	0,003	0,003
2002	0,003	0,010	0,013	0,003
2003	-	0,003	0,010	0,003
2004	-	0,003	0,003	0,003
2005	0,010	0,003	0,003	0,003
2006	0,003	0,003	0,013	0,003
2007	-	0,003	0,003	0,003
2008	0,003	0,003	0,003	-

9. Oxígeno disuelto

Tabla 34: Concentración Oxígeno disuelto de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Oxígeno disuelto mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	9,05	6,5	7,8	8,53
2001	10,11	11,39	.	4,95
2002	9,2	11,07	11,5	5,9
2003	10,05	10,41	11,42	8,87
2004	11,53	9,63	10,53	9,1
2005	10,9	12,16	10,66	8,88
2006	10,08	9,73	8,15	8,91
2007	-	10	10,15	9,69
2008	9,4	-	12,07	6,36

Tabla 35: Concentración Oxígeno disuelto de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León

Oxígeno disuelto mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	11,85	7,48	7,71	9,76
2001	10,89	11,27	12,41	8,99
2002	9,74	9,76	11,25	8
2003	8,7	9,36	9,67	9,45
2004	8,09	9,13	9,86	12,15
2005	11,4	11,81	10,53	9,3
2006	9,58	7,16	8,84	9,87
2007	-	10,77	9,11	12,58
2008	7,48	6,21	12,13	6,93

Tabla 36: Concentración Oxígeno disuelto de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Oxígeno disuelto mg L⁻¹				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	8,91	7,96	8,92	9,43
2001	8,81	9,25	9,29	9,5
2002	9,19	8,25	8,62	8,59
2003	-	8,74	8,68	8,91
2004	9,47	9,13	7,84	9,52
2005	8,31	8,86	8,72	8,96
2006	9,18	8,92	7,51	8,65
2007	-	9,05	8,73	9,49
2008	8,68	8,92	7,9	.

10. Fósforo Total

Tabla 37: Fósforo total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Fósforo total				
año	verano	otoño	invierno	primavera
2003	0,096	-	0,054	0,031
2004	0,082	0,073	0,071	0,047
2005	0,078	0,272	0,442	0,114
2006	0,106	0,242	0,226	0,216
2007	-	0,049	0,118	0,059
2008	0,046	0,197	0,094	

Tabla 38: Fósforo total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León

Fósforo total				
año	verano	otoño	invierno	primavera
2003	0,080	-	0,050	0,037
2004	0,098	0,072	0,085	0,033
2005	0,124	0,174	0,426	0,160
2006	0,155	0,106	0,377	0,226
2007	-	0,059	0,064	0,074
2008	0,043	0,427	0,087	

Tabla 39: Fósforo total en las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Fósforo total				
año	verano	otoño	invierno	primavera
2003	-	.	0,064	0,046
2004	-	0,110	0,094	0,050
2005	0,103	0,130	-	0,245
2006	0,086	0,410	0,203	0,231
2007	-	0,028	0,073	0,067
2008	0,045	0,191	0,099	-

11.pH

Tabla 40: pH de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

pH				
año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	8,75	7,55	7,39	9,52
2001	8,85	9,24	9,31	9,30
2002	9,52	8,75	9,01	8,87
2003	9,13	8,63	8,91	8,84
2004	9,17	9,02	8,04	9,45
2005	8,35	8,93	8,97	8,86
2006	9,00	8,17	6,98	8,02
2007	8,77	9,09	8,41	9,34
2008	-	9,12	8,53	7,62

Tabla 41: pH de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León

pH				
año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	8,92	7,74	7,42	9,42
2001	8,82	9,21	8,92	8,92
2002	9,14	8,41	8,98	8,58
2003	9,05	8,59	8,81	8,78
2004	9,12	9,03	7,82	9,45
2005	8,51	8,93	8,87	8,91
2006	9,03	8,73	7,42	8,37
2007	8,57	9,09	8,66	9,14
2008	-	9,07	8,61	7,55

Tabla 42: pH de las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

pH				
año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	8,91	7,96	8,92	9,43
2001	8,81	9,25	9,29	9,50
2002	9,19	8,25	8,62	8,59
2003	-	8,74	8,68	8,91
2004	9,47	9,13	7,84	9,52
2005	8,31	8,86	8,72	8,96
2006	9,18	8,92	7,51	8,65
2007	-	9,05	8,73	9,49
2008	8,68	8,92	7,90	-

12. Transparencia

Tabla 43: Transparencia las aguas de la Laguna de Aculeo sector Desagüe

Transparencia (m)				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,7	0,5	0,7	1,2
2001	-	1,17	1	-
2002	0,9	0,9	1,25	0,69
2003	1	-	-	-
2004	-	-	-	-
2005	0,57	0,7	1,3	1,12
2006	0,75	0,71	1,23	3,1
2007	-	0,8	1,2	1,2
2008	0,42	0,5	1	2,21

Tabla 44: Transparencia las aguas de la Laguna de Aculeo sector Frente Puntilla de León

Transparencia (m)				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,6	0,7	0,7	1
2001	-	1,1	1	0,75
2002	0,8	0,9	1,25	0,96
2003	1	-	-	-
2004	2,5	-	-	-
2005	0,68	0,71	1,3	1,06
2006	0,61	0,9	1,23	3,2
2007	-	0,8	1,2	1,1
2008	0,6	0,5	1	1,79

Tabla 45: Transparencia las aguas de la Laguna de Aculeo sector Casa Bombas

Transparencia (m)				
Año	verano	otoño	invierno	primavera
2000	0,5	0,7	0,5	1
2001	0,9	1,15	1	0,7
2002	2	0,8	1,15	0,88
2003	-	3	3,3	3
2004	-	-	2,5	2,9
2005	0,5	0,74	1,08	0,95
2006	0,36	0,46	0,92	2
2007	-	0,5	1,24	1
2008	0,5	0,5	1,2	2

Tabla 46: Fecha y hora de muestreo.

Año	Estación del año	Fecha de muestreo			Hora de muestreo		
		Desagüe	Frente Puntilla León	Casa de Bombas	Desagüe	Frente Puntilla León	Casa de Bombas
1986	verano	-	-	-	-	-	-
	otoño	-	-	-	-	-	-
	invierno	-	-	-	-	-	-
	primavera	-	-	-	-	-	-
1987	verano	-	-	-	-	-	-
	otoño	-	-	-	-	-	-
	invierno	-	-	-	-	-	-
	primavera	-	-	-	-	-	-
1988	verano	-	-	-	-	-	-
	otoño	-	-	-	-	-	-
	invierno	-	-	-	-	-	-
	primavera	13-dic	13-dic	13-dic	15:10	15:40	15:20
1989	verano	29-dic	29-dic	29-dic	15:11	15:41	15:21
	otoño	25-may	25-may	25-may	15:12	15:42	15:22
	invierno	7-jul	7-jul	7-jul	15:13	15:43	15:23
	primavera	2-nov	2-nov	2-nov	15:14	15:44	15:24
1990	verano	4-ene	4-ene	4-ene	15:15	15:45	15:25
	otoño	9-may	9-may	9-may	15:16	15:46	15:26
	invierno	-	-	-	-	-	-
	primavera	-	-	-	-	-	-
1991	verano	-	-	-	-	-	-
	otoño	-	-	-	-	-	-
	invierno	28-ago	28-ago	28-ago	15:26	15:56	15:36
	primavera	16-dic	16-dic	16-dic	15:30	16:00	15:40
1992	verano	-	-	-	-	-	-
	otoño	-	-	-	-	-	-
	invierno	-	-	-	-	-	-
	primavera	-	-	-	-	-	-
1993	verano	-	-	-	-	-	-
	otoño	16-abr	16-abr	16-abr	15:31	16:01	15:41
	invierno	13-ago	13-ago	13-ago	15:32	16:02	15:42
	primavera	13-oct	13-oct	13-oct	15:33	16:02	15:43
1994	verano	-	-	-	-	-	-
	otoño	30-may	30-may	30-may	15:34	16:04	15:44
	invierno	-	-	-	-	-	-
	primavera	-	-	-	-	-	-

1995	verano	-	-	-	-	-	-
	otoño	11-abr	11-abr	11-abr	15:35	16:05	15:45
	invierno	5-jul	5-jul	5-jul	15:36	16:06	15:46
	primavera	-	-	-	-	-	-
1996	verano	28-feb	28-feb	28-feb	15:37	16:07	15:47
	otoño	3-jun	3-jun	3-jun	15:38	16:08	15:48
	invierno	10-sep	10-sep	10-sep	15:39	16:09	15:49
	primavera	19-dic	19-dic	19-dic	15:40	16:10	15:50
1997	verano	17-mar	17-mar	17-mar	15:41	16:11	15:51
	otoño	11-jun	11-jun	11-jun	15:42	16:12	15:52
	invierno	13-ago	13-ago	13-ago	15:43	16:13	15:53
	primavera	28-oct	28-oct	28-oct	15:44	16:14	15:54
1998	verano	15-ene	15-ene	15-ene	15:45	16:15	15:55
	otoño	7-may	7-may	7-may	15:46	16:16	15:56
	invierno	28-jul	28-jul	28-jul	15:47	16:17	15:57
	primavera	27-oct	27-oct	27-oct	15:48	16:18	15:58
1999	verano	21-ene	21-ene	21-ene	15:49	16:19	15:59
	otoño	17-jun	17-jun	17-jun	15:50	16:20	16:00
	invierno	15-sep	15-sep	15-sep	15:51	16:21	16:01
	primavera	13-dic	13-dic	13-dic	15:52	16:22	16:02
2000	verano	22-mar	22-mar	22-mar	15:53	16:23	16:03
	otoño	22-jun	22-jun	22-jun	15:54	16:24	16:04
	invierno	12-sep	12-sep	12-sep	15:55	16:25	16:05
	primavera	19-dic	19-dic	19-dic	15:56	16:26	16:06
2001	verano	19-mar	19-mar	19-mar	15:57	16:27	16:07
	otoño	18-jun	18-jun	18-jun	15:58	16:28	16:08
	invierno	12-sep	12-sep	12-sep	15:59	16:29	16:09
	primavera	18-dic	18-dic	18-dic	16:00	16:30	16:10
2002	verano	19-mar	19-mar	19-mar	16:01	16:31	16:11
	otoño	12-jun	12-jun	12-jun	16:02	16:32	16:12
	invierno	11-sep	11-sep	11-sep	16:03	16:33	16:13
	primavera	17-dic	17-dic	17-dic	16:04	16:34	16:14
2003	verano	5-feb	5-feb	5-feb	16:05	16:35	16:15
	otoño	18-jun	18-jun	18-jun	12:00	12:35	12:50
	invierno	16-jul	16-jul	16-jul	12:05	12:23	12:38
	primavera	29-dic	29-dic	29-dic	13:50	14:05	14:20
2004	verano	8-mar	8-mar	8-mar	18:00	18:25	18:55
	otoño	29-abr	29-abr	29-abr	12:21	12:35	12:50
	invierno	21-jul	21-jul	21-jul	13:19	13:35	13:53
	primavera	28-oct	28-oct	28-oct	11:48	12:35	12:20
2005	verano	2-mar	2-mar	2-mar	12:04	12:25	12:41

	otoño	18-abr	18-abr	18-abr	12:25	12:45	13:02
	invierno	17-ago	17-ago	17-ago	13:20	13:50	14:10
	primavera	2-nov	2-nov	2-nov	15:20	15:39	16:17
2006	verano	30-ene	30-ene	30-ene	16:30	16:55	17:25
	otoño	3-may	3-may	3-may	15:32	15:51	16:25
	invierno	16-ago	16-ago	16-ago	15:24	15:46	16:08
	primavera	7-nov	7-nov	7-nov	15:11	16:20	-
2007	verano	Suspendida	Suspendida	Suspendida	Suspendida	Suspendida	Suspendida
	otoño	2-may	2-may	2-may	14:52	15:45	16:01
	invierno	25-jul	25-jul	25-jul	12:30	13:12	14:00
	primavera	22-oct	22-oct	22-oct	18:55	19:40	19:10
2008	verano	28-ene	28-ene	28-ene	18:30	19:40	19:23
	otoño	28-abr	28-abr	28-abr	18:20	17:54	18:10
	invierno	28-jul	28-jul	28-jul	14:26	14:42	15:10
	primavera	27-oct	27-oct	27-oct	17:37	18:00	-