

**MODELANDO LA RESPUESTA DE FÓSFORO QUE CARGA A LAGO
VILLARRICA, CHILE**

Autores:

Sibel Villalobos Volpi
Comisión Nacional del Medio Ambiente
Dr. Martín 566
Puerto Montt, Chile

Steven Butkus
Washington Department of Ecology
P.O. Box 47710
Olympia, WA 98516
USA

Resumen

Un modelo de calidad de agua ha sido creado para ayudar evaluar soluciones de control de contaminación alternativas para la protección del eutrophication de Lago Villarrica. El modelo ha sido usado para predecir el efecto de purificación de agua doméstica superflua, el tratamiento de agua pluvial, y cambios de agrícola se aprovecha del estado de trophic de Lago Villarrica. El estudio recomienda el uso un acercamiento de dirección diferente al control de contaminación que ha sido usado antes Chile. Varias alternativas de control de contaminación pueden ser evaluadas usando el modelo de calidad de agua. Estas alternativas entonces pueden ser planteadas en foros de comunidad para la discusión.

Abstract

A water quality model was created to help assess alternative pollution control solutions for the protection of the eutrophication of Lake Villarrica. The model was used to predict the effect of domestic waste water treatment, stormwater treatment, and changes in agricultural practices on the trophic state of Lake Villarrica. The study recommends the application a different management approach to pollution control than has been used previously Chile. Various pollution control alternatives can be assessed using the water quality model. These alternatives can then be posed in community forums for discussion.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es de desarrollar una recomendación para una estrategia de control de contaminación de ayudar proteger los empleos beneficiosos de Lago Villarrica. El lago natural es un cuerpo cada vez más importante de agua en Chile del Sur. El lago sirve para suministrar el agua doméstica y cada vez más es usado para objetivos recreacionales. Como el turismo sigue aumentando en el área, manteniendo la calidad aceptable de agua en el lago se hará cada vez más importante. Es esencial que la calidad de agua de lago no se haga perjudicada causando el turismo que se va y la reconstrucción con las ventajas potenciales económicas estas actividades traerán a la gente de el área local.

La contaminación de sustancias nutritivas excesivas es el componente de calidad de agua de la mayor parte interés para proteger los empleos beneficiosos del depósito. La carga de causas de sustancias nutritivas excesivas aceleró eutrophication de aguas. Han mostrado el fósforo para ser la sustancia nutritiva primaria que afecta el eutrophication de freshwaters. Este eutrophication perjudica los empleos beneficiosos de aguas por causando el fastidio excesivo algal y el crecimiento de hierbajo acuático. Estos crecimientos pueden perjudicar el placer estético por formando la espuma sobre la superficie, estructuras de entrada de empleo de agua de zueco, agotar el oxígeno disuelto necesario para el apoyo de vida acuática, el cambio a comunidades de piscifactoría con el pescado más indeseable grueso, y aumentar hierbajos nocivos acuáticos lo que enredan propulsores de barco y nadadores. La inversión de eutrophication es difícil ya que mucho el fósforo que entra en un lago es almacenado en el ecosistema y profundizar sedimentos y está disponible a algas y plantas para la reutilización. Esto es por qué es crítico prevenir eutrophication antes de que esto comience.

El objetivo principal del estudio es de crear un modelo de calidad de agua para ayudar evaluar soluciones de control de contaminación alternativas para la protección de Lago Villarrica. Un segundo objetivo es de recomendar el uso un acercamiento de dirección diferente al control de contaminación que ha sido usado antes Chile. Varias alternativas de control de contaminación pueden ser evaluadas usando el modelo de calidad de agua. Estas alternativas entonces pueden ser planteadas en foros de comunidad para la discusión. Cuando la aceptación local de una alternativa comienza a formarse, la puesta en práctica de los mandos de contaminación debería ser más fácil de alcanzar que si los mandos han sido conferidos por mandato del gobierno central.

CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA Y LOS EMPLEOS BENEFICIOSOS DE AGUAS

Criterios de calidad de agua especifican las concentraciones de los componentes de agua que, si no excedido, se esperan causar la protección de los empleos beneficiosos de el agua. Tales criterios son sacados de hechos científicos estudios obtenidos que los efectos de medida de concentraciones diferentes sobre empleos particulares de agua. A menudo las veces estos criterios son adoptados por gobiernos como normas, y por lo tanto son obligatorias a la ley. Sin embargo, muchos criterios oficialmente no son adoptados como normas y son usados para objetivos consultivos. Corrientemente, no hay ningunos criterios promulgados como normas para lagos en Chile. Basado en empleos beneficiosos, tres criterios para el fósforo pueden ser aplicados al Lago Villarrica:

Vida Acuática: el fósforo excesivo en lagos puede causar el fastidio algal los crecimientos que afectan lagos de condiciones químicos y cambian la estructura de comunidad de vida acuática en lagos. Los niveles de fósforo han sido relacionados con los niveles diferentes de estado de trophic. El índice de estado de trophic desarrollado por la Agencia de protección de medio ambiente estadounidense Eutrophication la Revisión es el más extensamente usado (USEPA, 1974). Según este índice, con una concentración de fósforo anual tacaña total debajo 10 ug/L son considerados oligotrophic, entre 10 y 20 ug/L es mesotrophic, y más de 20 ug/L son eutrophic.

Abastecimiento de agua Doméstico: las concentraciones de fósforo de fosfato superior a 0.10 mg/L pueden interferir con los sistemas de distribución de instalaciones de abastecimiento de agua (USEPA, 1986). Los procesos de tratamiento como la coagulación y la filtración pueden ser chocados de concentraciones de fósforo de fosfato encima de este nivel.

Reconstrucción y Placer Estético: prevenir el desarrollo de fastidios biológicos y el control aceleraron eutrophication, el fósforo de fosfato no debería exceder 0.050 mg/L en el punto donde esto entra en lago o el depósito (USEPA, 1986). Eutrophication puede perjudicar el placer estético por formando espumas sobre la superficie y aumentar hierbajos nocivos acuáticos lo que enredan propulsores de barco y nadadores.

LAGO VILLARRICA Y CARACTERÍSTICAS DE LÍNEA DIVISORIA DE AGUAS

El lago Villarrica es uno de un número grande de lagos de origen glaciales en Chile del Sur al lado de Andes la Sierra (Para figurar 1). El tamaño de línea divisoria de aguas total de Lago Villarrica es 2856 kilómetros cuadrados, con la mayoría de tierra cubierta en bosques (la Mesa 1). El tributario más grande al lago es el Río Trancura que considera para 2580 kilómetros cuadrados (el 88 %) de aquella área. La salida de lago apura al Río Toltén que fluye a Océano Pacífico. El lago Villarrica tiene un volumen de 21 kilómetros cúbicos un área de la superficie de 176 kilómetros cuadrados y una profundidad tacaña de 120 metros. Esto es clasificado como oligiotrophic, y similar a muchos otros lagos grandes que dominan esta región

de Chile (Campos, 1984). Sin embargo, el lago muestra los signos de eutrophication a lo largo de los bancos con una abundancia de algas filamentous y contiene un porcentaje alto de flora introducida acuática (Hauenstein, et al. 1996).

REVISIÓN DE EXISTIR SUPERVISANDO DATOS

Una búsqueda de la literatura encontró sólo unos estudios donde datos de calidad de agua habían sido recogidos en el Lago Villarrica. Campos et al. (1983) condujeron un estudio de limnological clásico que relató la información sobre el morphometric, los factores físicos, químicos, y planktonic del lago. Campos (1984) compararon las características limnological de Lago Villarrica a lagos similares en la misma región. Campos et al. (1991) cargas moderadas nutritivas de la mayor parte tributarios y fuentes de agente contaminador que entran en el lago. Un equilibrio de sustancia nutritiva de lago ha sido conducido para analizar umbrales de carga críticos. Hauenstein et al. (1996) inspeccionaron la flora hydrophyllous y encontraron la evidencia de impactos humanos, incluyendo una abundancia de algas filamentous a lo largo de los bancos del lago. La comparación de los dos juegos de datos tranquilos en el Lago Villarrica sugiere que niveles de fósforo totales puedan aumentar (la Mesa 2).

Basado en datos tranquilos por Campos et al. (1991), el nitrógeno total a la proporción de fósforo total (TN:TP) iguala 5.3, indicando que el nitrógeno puede ser la sustancia nutritiva el crecimiento más restrictivo algal (Forsberg, 1980). Mientras la proporción real TN:TP que indica la limitación varía en la literatura, una proporción más alta indica más limitación de fósforo. En los casos de eutrophication cultural, esto probablemente va que las cargas excesivas de fósforo crearán las condiciones que son la limitación de nitrógeno. El control de fuentes de nitrógeno puede causar alguna reducción de productividad, pero los cambios(movimientos) en la comunidad algal al nitrógeno que fija la especie limitan este acercamiento de dirección. En la mayor parte casos, controlando el fósforo que carga a cualquier lago impartirán la regulación más gran de actividad algal (la ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO, 1982).

MODELO DE CALIDAD DE AGUA CONSTRUYE

Como un instrumento para evaluar estrategias de control de contaminación alternativas, un modelo de equilibrio dinámico de masas de fósforo total ha sido construido para el Lago Villarrica (el Apéndice). El modelo es basado en ecuaciones de respuesta de lago clásicas planteadas por Vollenweider (1969) y modificado por Larsen et al. (1979) dado como:

$$\frac{d[P]}{V} = \frac{J_{ext}}{V} + \frac{J_{int}}{V} - \rho [P] - \sigma [P]$$

Donde:

[P] = la concentración de fósforo total

V = el volumen del lago

Jext = el fósforo externo que carga al lago

Jint = el fósforo interno que carga de sedimentos anoxic

ρ = el coeficiente de tarifa de limpieza con agua

σ = el coeficiente de tarifa de sedimentación

El acercamiento que modela trató el Lago Villarrica como el reactor de tanque completamente revuelto con un volumen constante. El equilibrio modelo de masas ha sido calculado dinámicamente con el paso un tiempo semanal. La concentración de fósforo total deliberada para el cada vez paso es el valor de lago entero ponderado de volumen tacaño. La pérdida de fósforo a los sedimentos ha sido basada en una función de poder de la tarifa de limpieza con agua, $\sigma = \rho^n$, donde la n es una fracción positiva sacada por la calibración modela. La carga interna de fósforo total de sedimentos anoxic ha sido asumida a sacado de debajo de 150 metros.

La única descarga de fuente de punto significativa es de la Planta de Tratamiento de Aguas negras Pucón. Señale la fuente que carga valores de la Planta de Tratamiento de Aguas negras Pucón ha sido sacada de datos demográficos unidos al sistema. Diariamente el flujo de alcantarillado medio de casas ha sido sacado del consumo esperado de agua (Salvato, 1960) y producciones de aguas residuales (Metcalf & Eddy, 1972). El flujo de alcantarillado de hotel ha sido basado en ocupación de verano y esperado la producción (Hubbell, 1962). En general la carga al lago ha sido basada en flujos de alcantarillado estimados y la concentración de mediana de fósforo total de plantas de tratamiento similares (Metcalf & Eddy, 1972).

No señale la carga de fuente ha sido basada en área de cubierta de tierra en cada el subbaño y estimada el número de sistemas sépticos. Los datos de empleo de tierra de sistema de información geográficos suministrados por CONAMA han sido usados con la mediana(medio) no señalan la fuente que carga tarifas (la Mesa 3) que ha sido sacado de numerosos estudios publicados (Reckhow et al. 1980). Para determinar si las estimaciones de cargar tarifas basado en el empleo de tierra son exactas para el Lago Villarrica la línea divisoria de aguas, las estimaciones han sido comparadas a cargas moderadas por Campos et al. (1991). Las cargas de fósforo predijeron basado en empleo de tierra comparan favorablemente con cargas moderadas por Campos (1991), con las cargas estimadas que suman el 113 % de las cargas moderadas en general.

Las cargas de sistemas sépticos a lo largo del litoral han sido sacadas de cargas típicas de casa esperadas (Mattson y Isaac, 1999) y una estimación del número de casas de litoral sobre sistemas sépticos de CONAMA. La carga atmosférica ha sido sacada de niveles de fósforo moderados en la precipitación de un estudio en un área con el clima similar y rodeando empleos de tierra (Butkus, et al. 1987).

El modelo ha sido calibrado usando los datos tranquilos en 1991 y validado con los datos 1979. La calibración ha sido conducida por ajustando el factor de retención para cada paso de tiempo semanal para maximizar el funcionamiento profético basado en datos tranquilos en 1991. El factor de retención describe el término de exponente en la función de poder del lago que enrojece (limpia con agua) la tarifa. La validación ha sido conducida por usando el mismo valor de parámetro decidido por la calibración con los flujos estimados durante 1979. La carga interna de la liberación de sedimento ha sido enviada al cero, y para calibración y la validación, desde no había ningunas condiciones de anoxic moderadas o sea en 1991 o sea 1979. La condición inicial de 9.0 ug/L ha sido usada para corresponderse a la concentración de fósforo total el 1 de enero. La condición inicial ha sido usada en, y controla y sacado del tacaño de valores tomados en 3a semana de 1991 y la 52 semana de 1979.

Los datos de flujo han sido recogidos de la salida del lago sobre el Río Toltén desde 1989. Los datos de flujo durante 1991 estuvieron 40 de 10 flujos anuales, con un intervalo de repetición de 3 años. Para estimar el flujo durante 1979, una ecuación de regresión ha sido desarrollada entre flujos anuales Toltén del Río y la precipitación anual en Villarrica. La regresión era significativa con el 88 por ciento de discrepancia explicada. Usando esta relación, 1979 Toltén flujos del Río, como se estimaba, era el 93 % de flujos 1991. La validación modela ha sido conducida usando flujos de 1991 ajustados más abajo a flujos de 1979 estimados y los factores de retención calibrados.

La salida modela ha sido comparada al medio ponderado de volumen de datos de fósforo totales tranquilos del lago en varias profundidades de columna de agua. El funcionamiento modelo era la feria, y para calibración y la validación. La calibración modela causó un error relativo del 134 % y una desviación de absoluto de mediana de 4.0 ug/L. La validación modela mostró un error relativo del 98 % y una desviación de absoluto de mediana de 6.3 ug/L. Considerando que ningún lago sistemático que prueba el diseño ha sido usado causando datos sumamente variables observados, el funcionamiento modelo es considerado adecuado para la evaluación de cambios relativos de concentraciones de fósforo de lago.

FÓSFORO QUE CARGA ANÁLISIS

El modelo de respuesta de lago calibrado ha sido usado para determinar las cargas de fósforo relativas que entran en el Lago Villarrica. Las cargas han sido

determinadas para varias categorías de fuente de contaminación. La mayor parte de la carga de fósforo al depósito viene de fuentes de no punto dentro de la línea divisoria de aguas (la Mesa 4). De la contribución de carga de fuente de no punto al depósito, casi medio viene de matorrales, con la contabilidad de tierras arbolada para casi un tercio de cargar (la Mesa 5). Áreas urbanas y áreas agrícolas contribuyen sólo aproximadamente el 2 % de las cargas de fósforo.

El modelo de respuesta de lago calibrado también ha sido usado para estimar el efecto de varios mandos de contaminación sobre concentraciones de fósforo que entran en el Lago Villarrica. La eficacia de tratamiento para fuentes de punto (USEPA, 1995) y fuentes de no punto (USEPA, 1993) ha sido tomada fuentes de literatura de forma (la Mesa 6). Ha sido asumido que las alternativas de tratamiento evaluadas para la contaminación de no punto aplicada ampliamente a todas las fuentes relevantes desde muchos estos mandos aún han sido puestas en práctica en el Lago Villarrica la línea divisoria de aguas.

Una de las fuentes de fósforo que carga al Lago Villarrica es aguas negras domésticas. El modelo de respuesta de lago ha sido controlado para probar el efecto predicho sobre el lago con dos guiones de tratamiento de aguas negras diferentes. El primero es la mejora reciente al Pucón descarga planta de tratamiento de aguas residuales al tratamiento secundario. El tratamiento secundario es el nivel de tratamiento requerido por todo el dischargers en los Estados Unidos. El tratamiento secundario implica operaciones de unidad más allá de la selección simple o el colocar de alimentos sólidos. El tratamiento secundario para la basura doméstica usa el proceso de lodo activado que incluye las operaciones de unidad de aireación y la clarificación. El modelo también ha sido controlado para probar el efecto sobre el Lago Villarrica la concentración de fósforo total, si las aguas negras Pucón recibieran el tratamiento terciario (la Mesa 7). El tratamiento terciario si a menudo usado en los Estados Unidos para las aguas negras lo que chocan lagos y depósitos. El tratamiento terciario típicamente implica la operación de unidad de retiro de fósforo biológico y tenía una eficacia de retiro de mediana del 80 % (Metcalf & Eddy, 1972).

El modelo predice que en el mayo 2000 la mejora del Pucón descarga al tratamiento secundario causarán la reducción del 16 % de la concentración de fósforo de total de lago entero anual en el Lago Villarrica. Sin cualesquiera remotos mandos de contaminación, aumentos de la población aumentarán la concentración de fósforo total en el lago en el 7 %. Si el Pucón descarga fuera mejorado al tratamiento terciario, el lago recibiría una reducción del 4 % en total la concentración de fósforo (la Mesa 9).

El modelo de respuesta de lago también ha sido usado para predecir que el efecto de la mejor dirección agrícola se aprovecha de cargas de fósforo al depósito (la Mesa 7 y Mesa 8) .Three las mejores prácticas de dirección separadas han sido probadas con el modelo: (1) sistemas de cultivo reducidos que incluyen prácticas como el cultivo de conservación, no - hasta, y cortan el empleo de residuo, (2)

sistemas de terraza, (y 3) tiras con filtro, que agregan zonas parachoques vegetativas entre áreas de cosecha y corrientes (USEPA, 1993). El modelo predijo que en cada uno de estos casos, la concentración de fósforo de total de lago no se cambiaría (la Mesa 9 y Mesa 10). Este resultado está previsto a la pequeña carga contribuida por la agricultura en la línea divisoria de aguas (la Mesa 5).

El modelo de respuesta de lago también ha sido usado para predecir el efecto de varios sistemas de tratamiento de agua pluvial urbanos sobre el fósforo que entra en el depósito (la Mesa 7). Cuatro sistemas de tratamiento de agua pluvial diferentes han sido probados con el modelo: (1) empleo de coge baños, (2) charcas secas para el control que se desborda modificado para aumentar el retiro nutritivo, (3) empleo de charcas mojadas, (y 4) tiras vegetativas con filtro. El modelo predijo que en cada uno de estos casos la concentración de fósforo de total de lago no se cambiaría (la Mesa 9). Este resultado está previsto a la pequeña carga contribuida por áreas urbanas en la línea divisoria de aguas (la Mesa 5).

El modelo de respuesta de lago también ha sido usado para predecir el efecto de una combinación de estos mandos de contaminación (la Mesa 8). El modelo de respuesta de lago ha sido usado para predecir la concentración de fósforo total del lago que usa cada uno de todos los mandos de contaminación más eficientes para aguas negras domésticas, las mejores prácticas de dirección agrícolas, y la purificación de agua urbana tormentosa (la Mesa 10). Si cada uno de estos accesos es aplicado en todas partes de la línea divisoria de aguas, la concentración de fósforo total del lago es reducida en el 10 % en verano.

Una opción a veces usada es el retiro completo de descarga de aguas negras de ríos, con las aguas negras aplicadas para aterrizar para la irrigación de agricultura. Es cuestionable si esta opción es factible, desde hay áreas de tierra poco probables suficientes agrícolas disponibles para recibir los volúmenes tan grandes de aguas negras si aplicado en tarifas agronómicas. Si el uso de tierra de aguas negras domésticas no fuera conducido correctamente, el fósforo todavía encontraría su camino al depósito por la salida superficial o la carga de aguas subterráneas.

El modelo de respuesta de lago ha sido usado para probar el efecto de retiro del Pucón descarga con los otros mandos de contaminación más eficientes. El retiro completo de la descarga, acoplada con el uso de los mandos de contaminación más eficientes para otras fuentes, la concentración de fósforo total del lago es reducido en el 17 % en verano (la Mesa 10).

La estrategia de reducción de contaminación recomendada es basada en lo que los mandos están económicamente y políticamente logrables en el futuro próximo que produciría el más grande causa el reduciendo del fósforo que carga al Lago Villarrica. El modelo de calidad de agua predice que el litoral que se une a casa a una planta de tratamiento de aguas negras es la estrategia de control de contaminación de lo mejor de reducir concentraciones de fósforo existentes totales en el Lago Villarrica. Esta estrategia es predicha para dar una concentración de

fósforo total ligeramente menos que condiciones corrientes, hasta con un aumento de población que se amplía.

BIBLIOGRAFÍA

BUTKUS, S.R., E.B. WELCH, R.R. HORNER, AND D.E. SPYRIDAKIS. 1988. Lake Response Modeling Using Biologically Available Phosphorus. *J. Water Pollution Control Federation* 60(9):1663-1669.

CAMPOS, H., PARRA, O. AND G. AGUERO. 1991. Evacuación de la Carga de Fósforo y Nitrógeno en el Lago Villarrica. Universidad Austral. Republica de Chile.

CAMPOS, H. 1984. Limnological study of Araucanian lakes (Chile). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22:1319-1327.

CAMPOS, H., W. STEFFEN, C. ROMAN, L. ZUNIGA AND G. AGUERO. 1983. Limnological studies in Lake Villarrica: Morphometric, physical, chemical, planktonical factors and primary productivity. *Arch. Hydrobiol., Suppl.* 65, 4:371-406.

CHINCHESTER, F.W., VAN KEUREN, R.W., AND J.C. MCGUINNESS. 1979. Hydrology and Chemical Quality of Flow from Small Pastured Watersheds: Chemical Quality. *J. Environ. Qual.* 8(2):167-171.

FORSBERG, E.M. 1980. Present knowledge on limiting nutrients. In: Restoration of Lakes and Inland Waters. U.S. Environmental Protection Agency, EPA 440/5-81-010.

HAUENSTEIN, E., C. RAMERIZ, M., GONZALEZ, L. LEIVA, AND C. SAN MARTIN. 1996. Hydrophyllous flora of Lake Villarrica (IXth Region, Chile) and its importance as a pollution indicator. *Medio Ambiente* 13(1): 88-96.

HUBBELL, J.W. 1962. Commercial and Institutional Wastewater Loadings.. *J. Water Pollution Control Federation* 34(9).

LARSEN, D.P., J. VANSICKLE, K.W. MALUEG AND P.D. SMITH. 1979. The effect of Wastewater Phosphorus Removal on Shagawa Lake Minnesota: Phosphorus Supplies, Lake Phosphorus, and Chlorophyll *a*. *Water Res.* 13:1259-1272.

MATTSON, M.D. AND R.A. ISAAC. 1999. Calibration of Phosphorus Export Coefficients for Total Maximum Daily Loads of Massachusetts Lakes. *Lake and Reservoir Management* 15(3):209-219.

METCALF & EDDY. 1972. Wastewater Engineering. McGraw-Hill, Inc. New York, NY.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO, 1982. Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control. Organization for Economic Cooperation and Development, Cooperative Programme on Monitoring of Inland Waters, Environment Directorate, Paris, 154pp.

RECKHOW, K.H., BEAULAC, M.N. AND J.T. SIMPSON. 1980. Modeling Phosphorus Loading and Lake Response Under Uncertainty: A Manual and Compilation of Export Coefficients. U.S. Environmental Protection Agency, EPA440/5-80-011.

SALVATO, J.A. 1960. The Design of Small Water Systems. Public Works 91(5).

USEPA. 1974. The relationships of Phosphorus and Nitrogen to the Trophic State of Northeast and North Central Lakes and Reservoirs. Working Paper No. 23, National Eutrophication Survey, U.S. Environmental Protection Agency, Corvallis, OR.

USEPA. 1986. Quality Criteria for Water 1986. U.S. Environmental Protection Agency, EPA440/5-86-001. May 1986.

USEPA. 1993. Guidance Specifying Management Measures for Sources of Nonpoint Pollution in Coastal Waters. U.S. Environmental Protection Agency, EPA840-B-92-002.

USEPA. 1995. Technical Guidance Manual for Developing Total Maximum Daily Load. Book II: Streams and Rivers. Part 1: Biochemical Oxygen Demand/Dissolved Oxygen and Nutrients/Eutrophication. U.S. Environmental Protection Agency, EPA 823-B-95-007.

Figura 1. Área de Estudio de Lago Villarica

Mesa 1. Los empleos de Tierra del Lago Villarica Línea divisoria de aguas

Mesa 2. Los niveles de Fósforo de Total de Columna Tacaño De agua en Lago Villarica (de Campos et al. 1991 y Campos, 1983)

Mesa 3. No señale el Fósforo Total De la fuente que Carga Tarifas (de Reckhow et al. 1980)

Mesa 4. Cargas de Fósforo Totales Relativas Totales a Lago Villarica

Mesa 5. No señale Carga de Fósforo Relativa Total De la fuente a Lago Villarica basado en Empleo de Tierra

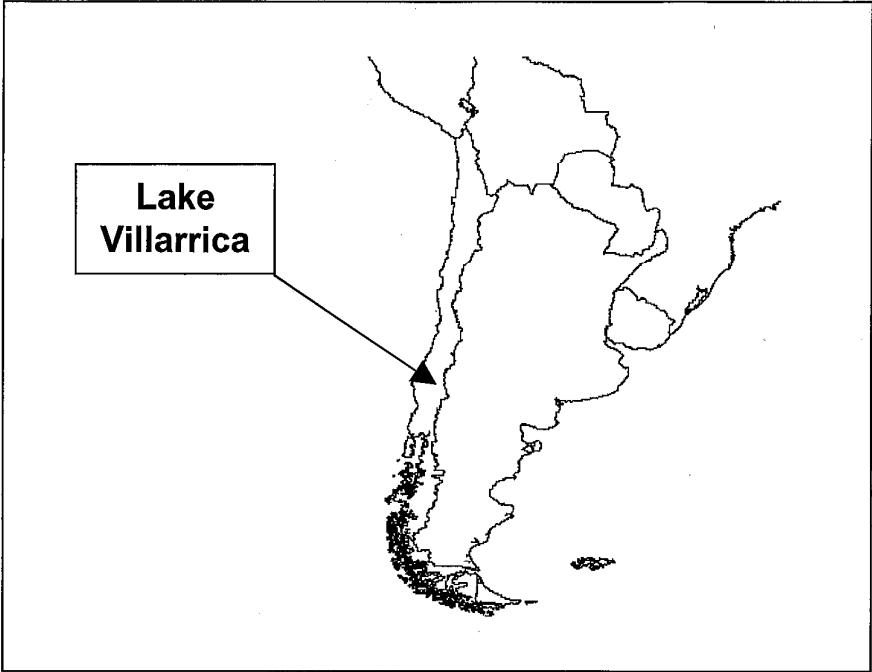
Mesa 6. Eficacia de Retiro de Fósforo Total Modelada para Mandos de Contaminación Diferentes (adaptado de USEPA, 1993 y USEPA, 1995).

Mesa 7. Concentración de Fósforo de Total de Lago entero Predicha en Lago Villarica utilización de Mandos de Contaminación Diferentes

Mesa 8. Concentración de Fósforo de Total de Lago entero Predicha en Lago Villarica utilización de las Combinaciones de Mandos de Contaminación Diferentes

Mesa 9. Reducciones Relativas de Concentraciones de Fósforo de Total de Lago entero en Lago Villarica de Año Predicho Condiciones de 2020 que usan Mandos de Contaminación Diferentes

Mesa 10. Reducciones Relativas de Concentraciones de Fósforo de Total de Lago entero en Lago Villarica de Año Predicho Condiciones de 2020 que usan CombinedDifferent Mandos de Contaminación



**Lake
Villarrica**

Mesa 1. Los empleos de Tierra del Lago Villarrica Línea divisoria de aguas

Empleo de Tierra	Área	
	Cuadrado km	Por ciento de Línea divisoria de aguas
Forestales	1,616	57
Matorrales	751	26
Pantanos	251	9
Estériles	154	5
Glaciares	72	3
Urbanas	8	<1
Agrícolas	2	<1
Total	2,856	100

Mesa 2. Los niveles de Fósforo de Total de Columna Tacaño De agua en Lago Villarrica (de Campos et al. 1991 y Campos, 1983)

Estadística	Fósforo Total ($\mu\text{g L}^{-1}$)	
	1979	1991
Máximo	47.8	66.6
Mediana	14.0	17.6
Mínimo	5.0	11.7

Mesa 3. No señale el Fósforo Total De la fuente que Carga Tarifas (de Reckhow et al. 1980)

Empleo de Tierra	Fósforo que Carga Tarifa (kg km ⁻² año ⁻¹)
Agua	0
Hielo y Glaciares	0
Pantanos	0
Bosque	20.6
Praderas y Matorrales	81
Agricultura	91
Urbano e Industrial	110
Carencia De vegetación	110.
Empleo de Tierra Desconocido	110

Mesa 4. Cargas de Fósforo Totales Relativas Totales a Lago Villarrica

Fuente	Carga de Fósforo Total	
	kg año ⁻¹	Por ciento de Total
Pucón descarga	13,936	11%
Fuentes de No punto	112,357	86%
Sistemas Sépticos	1,500	1%
Deposición Atmosférica	2,000	2%

Mesa 5. No señale Carga de Fósforo Relativa Total De la fuente a Lago Villarrica basado en Empleo de Tierra

Empleo de Tierra	Carga de Fósforo Total	
	kg año ⁻¹	Por ciento
Forestales	33,296	30
Matorrales	60,839	54
Pantanos	0	0
Estériles	16,940	15
Glaciares	0	0
Urbanas	814	1
Agrícolas	127	<1
Total	112,357	100

Mesa 6. Eficacia de Retiro de Fósforo Total Modelada para Mandos de Contaminación Diferentes (adaptado de USEPA,1993 y USEPA,1995).

Medida de Control de Contaminación	Eficacia de Retiro de Fósforo Total
Tratamiento Secundario para Aguas negras Domésticas	84%
Tratamiento Terciario para Aguas negras Domésticas	90%
Cultivo Reducido para Tierras Agrícolas	45%
Sistemas de Terraza para Tierras Agrícolas	70%
Tiras Con filtro para Tierras Agrícolas	75%
Coja Cuencas para Agua pluvial Urbana	10%
Charcas Modificadas Secas para Agua pluvial Urbana	60%
Tiras Vegetativas Con filtro para Agua pluvial Urbana	80%
Charcas Mojadas para Agua pluvial Urbana	90%

Mesa 7. Concentración de Fósforo de Total de Lago entero Predicha en Lago Villarrica utilización de Mandos de Contaminación Diferentes

Mandos de Contaminación	Fósforo Total (ug/L)		
	Anual Tacaño	Primavera Tacaña	Verano Tacaño
Condiciones corrientes	10.3	11.1	11.8
Ningunos Remotos Mandos de Contaminación - Año 2020	11.0	11.7	13.0
Tratamiento Terciario para Pucón descarga	10.6	11.4	12.4
Casas de Litoral de Alcantarilla	10.0	10.9	11.3
Cultivo Reducido para Tierras Agrícolas	11.0	11.7	13.0
Sistemas de Terraza para Tierras Agrícolas	11.0	11.7	13.0
Tiras Con filtro para Tierras Agrícolas	11.0	11.7	13.0
Coja Cuencas para Agua pluvial Urbana	11.0	11.7	13.0
Charcas Modificadas Secas para Agua pluvial Urbana	11.0	11.7	13.0
Charcas Mojadas para Agua pluvial Urbana	11.0	11.7	13.0
Tiras Vegetativas Con filtro para Agua pluvial Urbana	11.0	11.7	13.0

Mesa 8. Concentración de Fósforo de Total de Lago entero Predicha en Lago Villarrica utilización de las Combinaciones de Mandos de Contaminación Diferentes

Mandos de Contaminación	Por ciento Reducción		
	Anual Tacaño	Primavera Tacaña	Verano Tacaño
Teritary Tratamiento para Pucón descarga Tiras Con filtro para Tierras Agrícolas Charcas Mojadas para Agua pluvial Urbana	10.6	11.4	12.4
Teritary Tratamiento para Pucón descarga Casas de Litoral de Alcantarilla Tiras Filtro para Tierras Agrícolas Charcas Mojadas para Agua pluvial Urbana	10.4	11.2	11.9
Pucón descarga de Retiro de Descarga Casas de Litoral de Alcantarilla Tiras Filtro para Tierras Agrícolas Charcas Mojadas para Agua pluvial Urbana	9.7	10.7	10.8

Mesa 9. Reducciones Relativas de Concentraciones de Fósforo de Total de Lago entero en Lago Villarrica de Año Predicho Condiciones de 2020 que usan Mandos de Contaminación Diferentes

Mandos de Contaminación	Por ciento Reducción		
	Anual Tacaño	Primavera Tacaña	Verano Tacaño
Tratamiento Terciario para Pucón descarga	4	3	5
Casas de Litoral de Alcantarilla	9	7	13
Cultivo Reducido para Tierras Agrícolas	0	0	0
Sistemas de Terraza para Tierras Agrícolas	0	0	0
Tiras Con filtro para Tierras Agrícolas	0	0	0
Coja Cuencas para Agua pluvial Urbana	0	0	0
Charcas Modificadas Secas para Agua pluvial Urbana	0	0	0
Charcas Mojadas para Agua pluvial Urbana	0	0	0
Tiras Vegetativas Con filtro para Agua pluvial Urbana	0	0	0

Mesa 10. Reducciones Relativas de Concentraciones de Fósforo de Total de Lago entero en Lago Villarrica de Año Predicho Condiciones de 2020 que usan Combined Different Mandos de Contaminación

Mandos de Contaminación	Por ciento Reducción		
	Anual Tacaño	Primavera Tacaña	Verano Tacaño
Teritary Tratamiento para Pucón descarga Tiras Con filtro para Tierras Agrícolas Charcas Mojadas para Agua pluvial Urbana	4	3	5
Teritary Tratamiento para Pucón descarga Casas de Litoral de Alcantarilla Tiras Filtro para Tierras Agrícolas Charcas Mojadas para Agua pluvial Urbana	5	4	10
Pucón descarga de Retiro de Descarga Casas de Litoral de Alcantarilla Tiras Filtro para Tierras Agrícolas Charcas Mojadas para Agua pluvial Urbana	12	9	17