

Propuesta

INCORPORACIÓN DE BIOINDICADORES EN LA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD DE AGUA PARA EL LAGO VILLARRICA.

Preparado por subcomisión técnica - bioindicadores proceso normativo NSCA lago Villarrica

Hernán Muñoz, CONADI
Rodrigo Palma, SAG
Ricardo Torrijos, SERNAPESCA
Ana Maria Prado, Seremi de Salud

Introducción

Procesos normativos de calidad de agua para ríos y lagos en Chile se han venido desarrollando en los últimos años, por ejemplo para el Río Bío Bío y Lago Llanquihue. La discusión para incorporar bioindicadores en dichas normas, como parámetros de control, no tuvo eco en los casos antes citados debido al criterio preestablecido por la autoridad (CONAMA) basado en la calidad química actual y en la data preexistente contrastable.

En la región de La Araucanía se encuentra en estudio la configuración de la norma secundaria de calidad ambiental para el Río Imperial y el Lago Villarrica. Con el fin de incorporar bioindicadores en la norma para el Lago Villarrica se ha creado una comisión ad-hoc. Cuyos resultados son mostrados en esta oportunidad

Se ha analizado la inclusión como bioindicadores de calidad considerando comunidades de diferentes niveles tróficos (fitoplancton, fitobentos, zooplanton, macroinvertebrados, moluscos, crustáceos y macrófitos), de los cuales se cuenta con información, se conoce las metodologías y su costo es considerado moderado.

Objetivo

Proponer bioindicadores para ser incorporados a la Norma Secundaria de Calidad de Agua para el Lago Villarrica

Métodos

Áreas de vigilancia

Para el seguimiento temporal de bioindicadores a ser usados en la NSCA para el Lago Villarrica, se propone hacer una tipificación o clasificación del áreas de influencia sobre el lago teniendo como base la información entregada en el Tercer Informe a CONAMA por la Universidad Austral del estudio: "Diagnóstico de la calidad de las aguas del lago Villarrica", en marzo de 2009.

Bioindicadores

Para seleccionar los bioindicadores a ser propuestos para la NSCALV, se trabajó con la metodología de panel de expertos, cuyos participantes se entregan en tabla 1, todo ellos miembros de la Sociedad Chilena de Limnología. El panel evaluó la factibilidad de uso de los siguientes grupos: fitoplancton, fitobentos, zooplanton, macroinvertebrados, moluscos, crustáceos y macrófitos.

De acuerdo a la información disponible de los grupos seleccionados como bioindicadores, se fijaron cinco niveles de calidad: 1 = muy buena; 2 = buena; 3 = regular; 4 = mala y 5 = muy mala en conformidad a clasificación estándar. Los valores de calidad fueron establecidos considerando dos criterios:

a) la condición actual más desfavorable presente en el lago, correspondiendo a una condición oligo-mesotrófico para el sitio La Poza de Pucón, en calidad 4, Según el informe final: "Diagnóstico de la calidad de las aguas del lago Villarrica" entregado a CONAMA por la Universidad Austral en octubre de 2009.

b) la información disponible para el lago Villarrica de cada grupo seleccionado como bioindicador, especialmente la existente para La Poza.

La utilización de índices bióticos como indicadores de calidad fue discutida considerando tanto la falta de información como la necesidad de obtener información sistematizada de mediano plazo.

Tabla 1.- Nomina de participantes del panel de expertos

NOMBRE PROFESIONAL	Área Temática	INSTITUCIÓN
Mg. ENRIQUE HAUENSTEIN	Macrófitos, Botánica	Universidad Católica de Temuco, Escuela de Ciencias Ambientales
Mg. ESPERANZA PARADA	Moluscos, Ecología	Universidad Católica de Temuco, Escuela de Ciencias Ambientales
Mg. SANTIAGO PEREDO	Moluscos, Reproducción	Universidad Católica de Temuco, Escuela de Ciencias Ambientales
Dra. GLADYS LARA	Moluscos, Ecología	Universidad Católica de Temuco, Escuela de Ciencias Ambientales
Dr. PATRICIO DE LOS RÍOS	Zooplankton, Ecología	Universidad Católica de Temuco, Escuela de Ciencias Ambientales
Dr. RICARDO FIGUEROA	Macroinvertebrados, Ecología	Universidad de Concepción, Centro EULA
Dra. FABIOLA CRUCES	Fitoplancton, Botánica	Universidad de Concepción, Departamento de Botánica
Dr. CARLOS JARA	Crustáceos, Ecología	Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias
Dr. STEFAN WOLFL	Zooplankton, Limnología	Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias

Resultados

1.- Áreas de vigilancia.

El informe final de la Universidad plantea dos áreas de vigilancia el cual considera las características propias de un ecosistema lótico, diferenciando la condición especial de trofia (oligo-mesotrófico) que tiene la Poza de Pucón (tr. (figura 1). Sobre esta base, preliminar mente se han definido 7 áreas de vigilancia para la zona litoral y una para zona pelagial del lago.

Para la zona litoral la división se basó en las subcuencas de drenaje establecidas en el tercer informe entregado por la Universidad Austral. Se distinguen las siguientes subcuencas: Ribera Norte, Quelhue, Pucón - El Claro, Volcán Villarrica, Candelaria -Los Chilcos, Molco y Huincacara (figura 2).

Se sugiere que para determinar en forma definitiva las áreas de vigilancia, se realice un análisis multifactorial que establezca similitudes entre áreas con el objetivo de mantener o reducir el número de áreas propuestas. Para el análisis, se deberán considerar entre otros, los siguientes criterios: superficie, caudal, nutrientes (N y P), carga artificial puntual, carga artificial difusa, tipo de suelo y uso de suelo, toda información actualmente disponible.

Figura 1. Áreas de vigilancia para el lago Villarrica propuesto en informe final estudio "Diagnóstico de la calidad de las aguas del lago Villarrica.

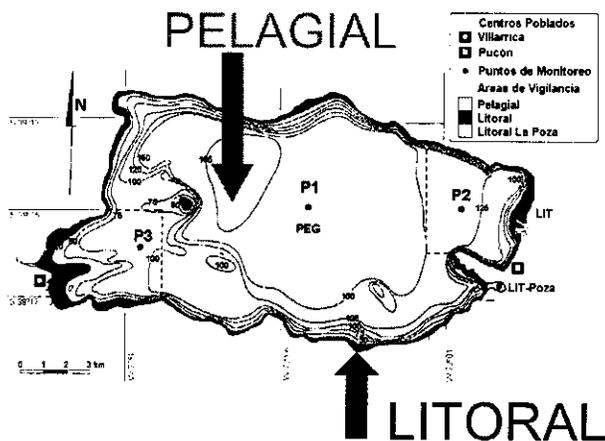
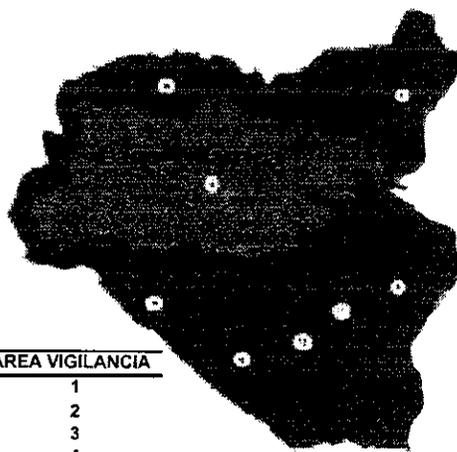


Figura 2.- Propuesta de áreas de vigilancia para la zona litoral.



ZONA	SUBCUENCA	AREA VIGILANCIA
LITORAL	Ribera Norte	1
	Quelhue	2
	Pucón - El Claro	3
	Volcán Villarrica	4
	Candelaria -Los Chilcos	5
	Molco	6
	Huincacara	7
	La Poza Pucón	8
PELAGIAL	Lago	9

2.- Selección de bioindicadores

En la Tabla 1 se muestra los resultados del trabajo realizado por el panel de expertos. La información existente, características de cada grupo como predictor de cambios ambientales, expresado tanto en abundancia (densidad) como en composición específica (riqueza y diversidad) y metodología existente, fueron los principales elementos discriminantes considerados. Tres grupos representarían de mejor manera requisitos para ser usados como bioindicadores en una futura Norma Secundaria para el Lago Villarrica: Algas (fitoplancton y fitobentos), macrófitas y moluscos bivalvos.

Tabla 1.- Características de los potenciales grupos utilizados como bioindicadores en la NSCALV (* grupo seleccionado)

Grupo	Taxón	Características Grupo	Discriminante
Animales Bentónicos	Crustáceos	Decápodos y Anfípodos son grupos que responden a presencia de materia orgánica (polífagos) en zona litoral y que se caracterizan por poseer un amplio rango de tolerancia, por lo tanto bajo poder predictor para un ambiente oligotrófico	*No hay suficiente información científica (abundancia, distribución y diversidad) de estos grupos que respalde su uso como bioindicador.
	*Moluscos (Lara & Parada, 1988, 1991, 2009; Parada & Peredo, 2002; Parada et al. 2007; Grandón et al. 2008).	Específicamente se selecciona a <i>Diplodon chilensis</i> : especie bien conocida desde el punto de vista taxonómico, de amplia distribución geográfica, d e ciclo de vida largo y reproducción estacional. Se conocen densidades en sustratos específicos para el alga Villarrica (la Poza) que ayudan a establecer niveles máximos esperados para condición oligo-mesotrófica. Capaces de enfrentar condiciones anóxicas extremas.	-Importante información científica acumulada. -Metodologías de muestreo y protocolos conocidos -Costo moderado.
	Insectos (Figuerola et al., 2007)	Los insectos acuáticos (macroinvertebrados bentónicos) son ampliamente usados como bioindicadores de calidad de agua para ambientes lóticos. En lagos hay experiencias de su uso basados en la determinación de las abundancias de oligoquetos y quironómidos	-No hay suficiente información científica (abundancia, distribución y diversidad) de estos grupos que respalde su uso como bioindicador para el lago Villarrica.
Animales Planctónicos	Zooplankton	Las comunidades responden favorablemente a cambios en los niveles de trofia, experimentando sustitución de especies que dan cuenta de los cambios en las abundancia y composición específica del fitoplancton, sobre todo en la zona pelagial	-Composición específica conocida principalmente en el pelagial -Metodologías de muestreo y protocolos conocidos. -Costo moderado
Vegetales: Plancton	*Fitoplancton (Hill et al., 2000)	Debido a la sensibilidad de la comunidad algal que representa un ecosistema con niveles bajos a medio de productividad (zona pelagial), las alteraciones en las interrelaciones naturales con su cuenca y las presiones de uso, pueden ser uno de los primeros componentes bióticos que se vea afectado. Su seguimiento y análisis entregaría la condición general del la masa de agua (lago). Cambios en la abundancia y diversidad se correlacionan positivamente con el parámetro clorofila a.	-Composición específica conocida -Metodologías de muestreo y protocolos conocidos. -Bajo costo comparativo
Vegetales: Bentos	*Fitobentos (Schaumburg et al., 2004; Dokulil, 2003)	Efectos locales (tramos o sitios) por uso de territorio y contaminación difusa que aportan nutrientes puede rápidamente modificar comunidades en la zona litoral. Su seguimiento y análisis entregan una visión de efectos puntuales. Las algas poseen ciclos de vida cortos, respondiendo rápidamente a los cambios en el ambiente.	-Composición específica conocida -Metodologías de muestreo y protocolos conocidos. -Bajo costo
Plantas acuáticas	*Macrófitas (Hawkes et al., 1997; Ellenberg, 1974; San Martín et al., 2003)	Plantas acuáticas y palustres, que crecen y dominan con requerimientos de hábitat se ven influenciadas fuertemente por la competencia interespecífica. Se han definido escalas de valores en respuesta a exigencias de las especies frente a concentraciones disponibles de nitrógeno (especie valor 1, aguas pobres en nitrógeno, o especies valor 9, ricas en nitrógeno).	-Composición específica conocida -Metodologías de muestreo y protocolos conocidos y fáciles de aplicar -Bajo costo comparativo

2.- Valores de calidad usando bioindicadores.

Para cada grupo de organismos seleccionados como bioindicador, se definió la metodología a ser utilizada y el nivel de calidad respectivo que deberá tenerse en cuenta para cada área de vigilancia en la norma. En la tabla 2 se muestran cada uno de los valores de calidad posibles en conformidad a datos cuantitativos (densidad y/o riqueza) de los grupos propuestos como bioindicadores.

Tabla 2.- Metodología y valor de calidad para los grupos propuestos como bioindicadores. (Criterio calidad: 1= muy buena; 2= buena; 3= regular; 4=mala y 5=muy mala)

Bioindicador	Área de vigilancia	Metodología	Unidad	Calidad- criterio
Moluscos (<i>Diplodon chilensis</i>)	Zona litoral	(<20m profundidad) se toman 20 muestras (625 cm ² cada una) en sustrato Areno-fangoso mediante buceo. Monitoreo cada dos años en primavera verano	ind/m ²	Calidad 1 = < 50 Calidad 2=50 y < 80 Calidad 3= 80 y <150 Calidad 4= 150 y <300 Calidad 5= ≥300
*Fitoplancton	Zona pelagial	Se toman muestra de agua (200 ml) en los estratos superficiales de la columna. Las muestras son fijadas en lugol y la identificación se realiza en laboratorio utilizando cámaras de sedimentación un microscopio invertido. Grupos en seguimiento: Chlorophyta, (<i>Mougeotia</i> , <i>Zygnema</i> , <i>Spirogyra</i>) Cianobacteria: <i>Microcystis</i> sp., <i>Anabaena</i> sp., <i>Oscillatoria</i> sp. Diatomeas. Monitoreo cada dos años en primavera verano	Composición de Especies, células/ml y cálculo de Cuocientes de Nygaard	Calidad 1= < 10 ⁵ cel/L y Cuociente < 1 Calidad 2= 10 ⁵ -5X10 ⁵ cel/L y Cuociente entre 1,1-2,5 Calidad 3= 5X10 ⁵ -10 ⁶ cel/L y Cuociente entre 2,6-3,5 Calidad 4= 10 ⁶ - 5X10 ⁷ cel/L y Cuociente entre 3,6-5,0 Calidad 5= > 5X10 ⁷ cel/L y Cuociente > 5
*Fitobentos	Zona litoral	Se selecciona un tipo de sustrato natural que presenta menor desplazamiento como consecuencia de los movimientos del agua (rocas). Se muestrea a poca profundidad (<5m), lugar que debe estar expuesto a la luz. Las muestras son fijadas en lugol y la identificación se realiza en laboratorio utilizando cámaras de sedimentación y un microscopio invertido. Grupos en seguimiento: Chlorophyta, (<i>Mougeotia</i> , <i>Zygnema</i> , <i>Spirogyra</i>) Cianobacteria: <i>Microcystis</i> sp., <i>Anabaena</i> sp., <i>Oscillatoria</i> Diatomeas. Cálculo del Índice Trófico de Diatomeas Monitoreo cada dos años en primavera verano	Composición de Especies y cálculo del Índice Trófico de diatomeas (TDI)	Calidad 1 =TDI <1,5 Calidad 2=TDI 1,6-2,2 Calidad 3=TDI 2,3-2,6 Calidad 4=TDI 2,7-3,2 Calidad 5=TDI >3,3
*Macrófitas	Zona litoral	Censos vegetacionales de 1 ó 2 m ² de superficie, en transectos que consideren, desde la línea de costa, 10 metros hacia la orilla y 10 m hacia el cuerpo de agua. En dichos censos se debe considerar la presencia o ausencia de las especies indicadoras y la cobertura de cada una mediante apreciación visual directa. Para determinación de alteración considerar presencia - ausencia de especies indicadores de alteración trófica de estado oligo-mesotrófico (valor 9): <i>Callitriche verna</i> , <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> , <i>Mimulus luteus</i> , <i>Roripa nasturtium-aquaticum</i> , <i>Egeria densa</i> , <i>Isoetes savatieri</i> , <i>Nitella</i> sp. Monitoreo cada dos años en primavera-verano	Nº presentes con valor 9	Calidad 1: Ausencia Calidad 2: 1 especie Calidad 3: 2 especies Calidad 4: 3 especies Calidad 5: >4 especies

3.- Seguimiento y cumplimiento de la calidad de agua por áreas de vigilancia.

a) Cumplimiento de niveles de calidad :

- 1.- zona en cumplimiento: todos los bioindicadores clasifican en calidad **1 ó 2**
- 2.- zona en observación: cuando un bioindicador clasifica en calidad **3 ó 4**.
- 3.- zona latente: cuando dos bioindicadores clasifican en calidad **4**
- 4.- zona saturada: cuando tres o más bioindicadores clasifican en calidad **4 y uno 5**

b) Seguimiento por área de vigilancia:

- **Monitoreo año 0:** correspondiente al año que se inicia el seguimiento oficial por parte de la autoridad competente. La información que se genere corresponderá a la constatación de los niveles de calidad propuestos. Se analiza información teniendo a la vista datos de monitoreo químico.
- **Monitoreo año 2:** La información que se genere corresponderá a la información acumulada en dos años de seguimientos. Se contrasta con los valores de calidad fijados. Si se constatan variaciones, éstas son expuestas en informe y sujetas a verificación en próximo monitoreo. Se analiza información teniendo a la vista datos de monitoreo químico.
- **Monitoreo año 4:** La información que se genere corresponderá a la información acumulada en los últimos 4 años de seguimientos. Si se ratifica modificación de la calidad detectada en el monitoreo anterior, se procede a definir una zona de acuerdo a clasificación entregada en punto 3.a (**cumplimiento, en observación, latente o saturada**). Se analiza información teniendo a la vista datos de monitoreo químico.
- **Monitoreo año 6:** La información que se genere corresponderá a la información acumulada en los últimos 6 años de seguimientos. Si se reitera condición para aquellas zonas clasificadas como **latente o saturada** en el monitoreo anterior, se analiza conjuntamente con valores de parámetros obtenidos en el monitoreo químico y se establecen medidas para revertir condición.
- **Monitoreo año 8:** La información que se genere corresponderá a la información acumulada en los últimos 8 años de seguimiento. Si se reitera condición en monitoreo anterior, para el caso de **zona saturada**, se intensifican acciones tendientes a revertir la condición.
- **Monitoreo año 10:** La información que se genere corresponderá a la información acumulada en los últimos 10 años de seguimiento. Con la información acumulada, se elaborarán índices bióticos que podrán ser usados para revisar (modificar) los niveles de calidad previamente establecidos. Si se constata que la calidad de agua continúa baja en calidad (calidad **4 o 5**), se activa plan de recuperación ambiental.
- **Monitoreos posteriores se ejecutan con la misma secuencia y lógica.**

4.- Manejo de uso de información.

a) Mapas de calidad por área de vigilancia

La información obtenida del seguimiento será utilizada en elaborar mapas de calidad de las áreas de vigilancia para el Lago Villarica, conforme a los criterios de calidad definidos (1 a 5).

b) Elaboración de índices y revisión de niveles de calidad

La información obtenida al cabo de 10 años de seguimiento, será utilizada en la elaboración y adecuación de índices bióticos por grupo bioindicador, por ejemplo la confección de un Índice de Macrofitas (IM). Estos índices serán utilizados para establecer si fuese necesario, modificaciones a los niveles de calidad definidos para el año 0, valores que serán usados en el monitoreo correspondiente al año 12.

Bibliografía

- Dokulil, M.T. 2003. Algae as ecological bio-indicators. In: Bioindicators and biomonitors. B.A.Markert, A.M.Breure & H.G.Zechmeister (eds.). Elsevier Science Ltd. 285-327 pp.Figueroa R., A. Palma, V. Ruiz & X.
- Niell. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región Revista Chilena de Historia Natural 80: 225-242, Grandón
- M., J. Barros & R. González. 2008. Caracterización metabólica de *Diplodon chilensis* (Gray, 1828) (Bivalvia: Hyriidae) expuesto a anoxia experimental. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(3): 531-537
- Lara G & E Parada. 1988. Distribución espacial y densidad de *Diplodon chilensis chilensis* (Gray, 1828) en el lago Villarrica (30°18'S;72°05'W). Bol.Soc.Biol.Concepción. Tomo 59:105-114.
- Lara G & E Parada. 1991. Seasonal changes in the condition index of *Diplodon chilensis chilensis* (Gray, 1828) in sandy and muddy substrata. Villarrica lake. Chile. (39°18'S; 72°05'W). Bol.Soc.Biol. de Concepción Tomo 62: 99-106.
- Lara G & E Parada. 2009. Substrate selection by the freshwater mussel *Diplodon chilensis* (Gray 1828): Field and laboratory experiments. Journal of Molluscan Studies 75: 153-157.
- Parada E & S Peredo. 2002. Estado actual de la taxonomía de bivalvos dulceacuícolas chilenos: progresos y conflictos. Revista Chilena de Historia Natural. 75:691-701
- Parada, E. & S. Peredo, J. Valenzuela & D. Manuschevich. 2007. Extention of the current northern distribution range of freshwater mussel *Diplodon chilensis* (Gray, 1828) (Bivalvia:Hyriidae) in Chile. Gayana 71(2):212-215.
- Schaumburg J., C. Schranz, G. Hofmann, D. Stelze, S. Schneider & U. Schmedtje. 2004. Macrophytes and phytobenthos as indicators of ecological status in German lakes- a contribution to the implementation of the Water Framework Directive. Limnologica 34: 302-314.
- Universidad Austral de Chile 2009. Tercer informe "Diagnóstico de la calidad de las aguas del lago Villarrica", marzo 2009.
- Universidad Austral de Chile 2009. Informe final "Diagnóstico de la calidad de las aguas del lago Villarrica", octubre 2009.

Agradecimientos

En forma muy especial agradece a los profesionales que participaron en el panel de expertos quienes aportaron su experiencia científica y práctica en el tema grupos a ser usados como bioindicadores y su tiempo permitiendo de este modo, dar cuerpo a la presenta propuesta. Al mismo tiempo agradecer a la Sociedad Chilena de Limnología, quien en su último congreso realizado en Coyhaique (octubre 2009), propició un espacio de discusión sobre el particular, permitiendo intercambiar opiniones y hacer mas robusta la propuesta.