

## USO DE LA TIERRA Y EUTROFIZACIÓN EN EL HUMEDAL EL YALI (33°49'S, 71°23'W), COMUNA DE SANTO DOMINGO

GABRIEL HENRÍQUEZ GÁRATE  
ictioceronte@gmail.com

### RESUMEN

El humedal El Yali es uno de los complejos de lagunas y vegas más importantes de la zona central de Chile. Debido a su rica diversidad biológica este humedal se encuentra incluido en la lista de humedales de importancia internacional mantenida por la Convención para la Conservación de los Humedales de Ramsar (1971).

Diversas observaciones cualitativas de campo realizadas en las distintas lagunas del humedal, daban cuenta de grandes floraciones de micro y macroalgas y de la presencia de sedimentos anóxicos en sus riberas, ambas evidencias de altos contenidos de nutrientes, motivo por el cual y dada la importancia de estos ecosistemas se decidió evaluar su contenido de nutrientes e identificar su procedencia.

Las lagunas Matanza, Colejuda, Cabildo, El Rey y Seca se encontrarían en estado eutrófico. La concentración de nutrientes detectada en cinco de los cuerpos de agua del humedal fue estadísticamente asociada al uso de la tierra en las microcuencas que componen el sitio. Se discute la necesidad de reforestar especialmente las riberas de los cuerpos de agua.

---

Palabras clave: Eutrofización, Humedal El Yali, Sitio Ramsar, Chile central.

### ABSTRACT

**Land use and eutrophication in the Humedal El Yali (33°49'S, 71°23'W), Comuna de Santo Domingo.**

The Yali Wetlands is one of the more important wetlands complexes of central Chile. Its high diversity has motivated its inclusion on the list of wetlands of international importance of the Ramsar Convention (1971). In several qualitative surveys carried out in different lagoons great blooms of micro and macro webs and the existence of anoxic sediments in its margins were observed, both evidence of high nutrient concentrations. In the face of this fact we decided evaluate the lagoons nutrient concentration and identificate its origin.

The lagoons Matanza, Colejuda, Cabildo, El Rey y Seca were in eutrofic condition. The nutrients concentration detected in the five lagoons evaluated were statistically associated to the land use. We discus the need of preserving the natural flora and to restore the native vegetation of the margins to restore the valuable normal wetland condition of the area, in order to preserve adequately its important flora and fauna.

---

Key words: Eutrofication, Wetland El Yali, Ramsar site, Central Chile .

### INTRODUCCIÓN

Los humedales representan una gran cantidad de recursos y cumplen muchas funciones indispensables para el desarrollo económico, social y cultural de las comunidades humanas. Aportan alimentos, tierras de pastoreo, agua de beber, medicinas, nutrientes naturales para el suelo, purifican el agua, estabilizan el clima y reciclan nutrientes.

Son considerados los ambientes que mayor número de especies albergan en relación a su tamaño, lo que los hace indispensables para la conservación de la diversidad biológica. Su protección

y uso racional son críticos y constituirán uno de los más importantes desafíos que deberán enfrentar las nuevas generaciones (Rebenga *et al.* 2000).

La cobertura de vegetación alrededor de los humedales y especialmente en las cuencas, constituye un componente de importancia para su funcionamiento, por esta razón la deforestación de las cuencas con el fin de cambiar el uso del suelo incide directamente en su degradación y ha sido asociada significativamente con el grado de eutrofización que presentan estos cuerpos de agua (Vollenweider & Kerebes 1980).

La eutrofización de los cuerpos de agua es un proceso que puede ser interpretado como el grado de envejecimiento de éstos (Margalef 1980). Vollenweider (1968), en base a una aproximación de escala amplia, que incluía el estudio y los datos de una gran cantidad de distintos lagos, demostró que el ingreso de nutrientes en un lago estaba en relación directa con el contenido de nutrientes en sus aguas. Esta relación fue lo suficientemente fuerte como para descartar otras causas e interpretar que el aumento de nutrientes representaba la causa principal de la modificación de la hidrología, morfología y aumento de la sedimentación en los lagos, las que constituyen las principales consecuencias de la eutrofización. Es decir, el aumento del contenido de nutrientes está en estrecha relación con el grado de eutrofización de los cuerpos de agua.

Cuando se incorporan grandes cantidades de nutrientes (mayoritariamente Fósforo y Nitrógeno) al agua, estos actúan como fertilizantes, provocando un aumento considerable de la producción vegetal en el lago. Esta a su vez genera un aumento de la producción de organismos animales que viven en él. Cuando, como producto de su ciclo natural estos organismos mueren, caen al fondo donde se pudren. El proceso de putrefacción consume grandes cantidades de oxígeno y, eventualmente, puede consumir todo el oxígeno de los sedimentos y del agua adyacente. Esto provoca la muerte de los organismos que allí viven, al disminuir la calidad del agua, la diversidad y generan una pérdida del valor general del cuerpo de agua, tanto desde el punto de vista ecosistémico como económico.

El humedal El Yali (Fig. 1) es uno de los complejos de lagunas y vegas más importantes de la zona central de Chile. Su importancia se debe principalmente a la alta concentración de fauna que sostiene, debido a que es una zona de refugio y alimentación para un gran número de aves migratorias y a la existencia de una formación vegetacional no representada en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNASPE). Estos humedales se encuentran ubicados vegetacionalmente en la Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso. Aquí está representada la formación vegetacional denominada Matorral Espinoso de los Lomajes Costeros o Matorral Espinoso de Secano Costero (Gajardo 1994). En el área destacan seis situaciones distintas desde el punto de vista florístico y vegetacional: Sosa Brava, vegetación de vega, vegetación de pajonales, espinal, bosque nativo y vegetación exótica (Leiva *et al.* 1995).

Diversas observaciones cualitativas de campo realizadas en las distintas lagunas del Humedal El Yali, han permitido observar grandes floraciones de micro y macroalgas y de la presencia de sedimentos anóxicos en sus riberas, ambas evidencias de altos contenidos de nutrientes, motivo por el cual y dada la importancia de estos ecosistemas se decidió evaluar su contenido de nutrientes e identificar su procedencia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de evaluar la relación entre el contenido de nutrientes y las coberturas que presentan las cuencas de los diferentes cuerpos de agua del Humedal El Yali, se realizó un trabajo en tres etapas:

1. Estimar los contenidos relativos de Fósforo, Nitrógeno y Clorofila "a" que presentaban algunos cuerpos de agua de este humedal.

Para esto, durante octubre de 2004, se tomaron muestras de agua en las lagunas Matanza,

Colejuda, Cabildo, El Rey y en el Tranque los Molles, analizando los contenidos de Fósforo, Nitrógeno y la variable respuesta Clorofila “a”. En cada una de las lagunas se tomaron tres muestras con dos réplicas cada una; para la medición de Fósforo y Nitrógeno se usó un espectrofotómetro HACH DR/2010. Los contenidos de clorofila “a” también fueron evaluados mediante colorimetría, previo filtrado y extracción del pigmento de acuerdo con Carlson y Simpson (1996).

2. Evaluar el grado de deforestación de las principales cuencas en el humedal El Yali.

Se estimó la cobertura de especies leñosas presentes en cada cuenca, separando bosque nativo, plantaciones forestales, matorral espinoso y praderas agrícolas estimándolos en hectáreas y como porcentaje de cobertura en cada cuenca. Para esto se definieron previamente las microcuencas sobre la base de las cartas IGM de Navidad, San Antonio y Rapel, todas éstas en escala 1: 50.000. Posteriormente se estimaron las coberturas vegetacionales mediante el estudio de fotografías aéreas calibradas con observaciones en terreno y con fotografías aéreas tomadas desde un avión a baja altura. Los datos fueron procesados en un Sistema GIS con Arc View 3.0 y ACAD 2000.

3. Se relacionó estadísticamente el contenido de Nitrógeno, Fósforo y Clorofila “a” con las coberturas vegetacionales de cada microcuenca.

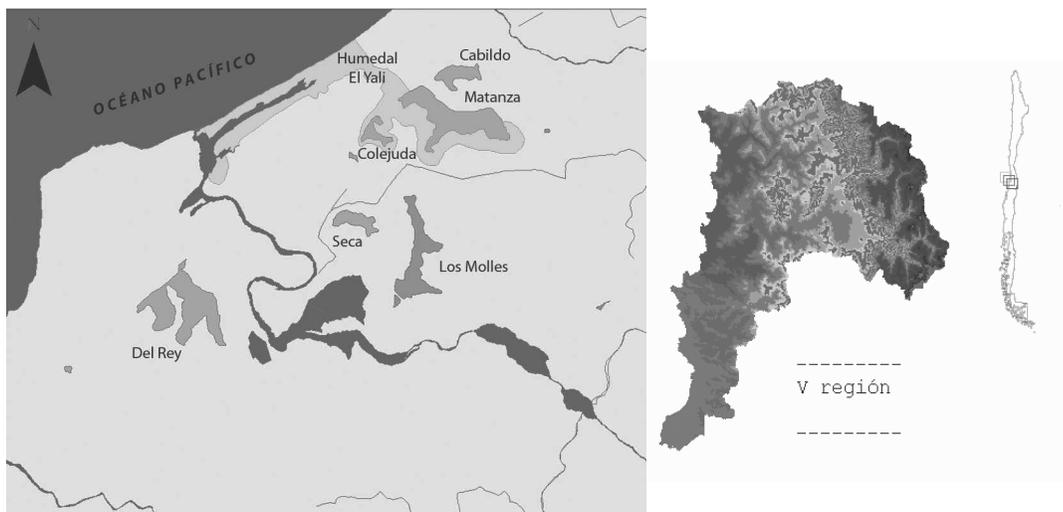


FIGURA 1: Humedal El Yali, diferentes lagunas y ubicación en la Reserva Nacional del mismo nombre.

## RESULTADOS

El área de humedales del estero El Yali protegida por Ramsar corresponde a 11.500 hectáreas. El estudio de las coberturas de distintas cuencas del humedal incluyó un muestreo que abarcó una extensión de 2.944 hectáreas, correspondientes a más del 25 % del sitio, de esta muestra, 548,3 hectáreas (18,6 %) corresponden a bosque nativo, 203,7 há. (6,9 %) a plantaciones forestales, 304,2 hectáreas (10,3 %) a matorral espinoso y 1.312,2 há (44,5 %) a praderas agrícolas. Las restantes 576,4 hectáreas (19,6 %) corresponden a cuerpos de agua (Cuadro 1). En este sentido, la mayor parte de las subcuencas de las lagunas estudiadas poseen un uso predominantemente agrícola (Fig. 2), verificándose como principal destino de estas praderas su uso para rotación de cultivos con trigo como especie principal y garbanzos y lentejas como especies secundarias o alternativas.

CUADRO 1. Uso de la tierra en las principales subcuencas del Humedal El Yali. Valores en hectáreas

Uso de la tierra	Lagunas							Totales	%
	Cabildo	Matanza	El Molle	Colejuda	El Rey	Seca			
Bosque	13,0	391,6	119,2	24,5	0	0	548,3	18,6	
P.Agrícolas	210,1	653,8	45	108,9	233,7	60,7	1312,2	44,6	
Plant. Forestales	51,2	45,4	0	49,7	24,5	33,0	203,7	6,9	
Mat. Espinoso	0	245,7	58,5	0	0	0	304,2	10,3	
Cuerpo Agua	40,7	169,5	113,1	24,4	193,3	35,5	576,4	19,6	
Cuenca	314,8	1506,0	335,4	207,5	451,5	129,1	2944,3	100	

Al analizar de forma preliminar el contenido de nutrientes (Fósforo y Nitrato total) en las diferentes lagunas del humedal El Yali se observan niveles bastante altos, muchos de los cuales superan la norma recomendada por la OCDE (EPA 2000) para cuerpos lénticos (Cuadro 2). Es así como, de acuerdo con las estimaciones de nitrógeno total, las lagunas Matanza, Colejuda, Cabildo, El Rey y Seca se encontrarían en estado eutrófico (Figs.3 y 4).

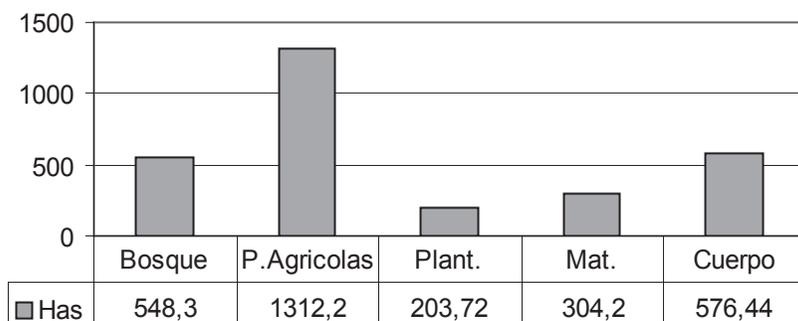


FIGURA 2. Uso de la tierra en el área de estudio, medido en hectáreas.

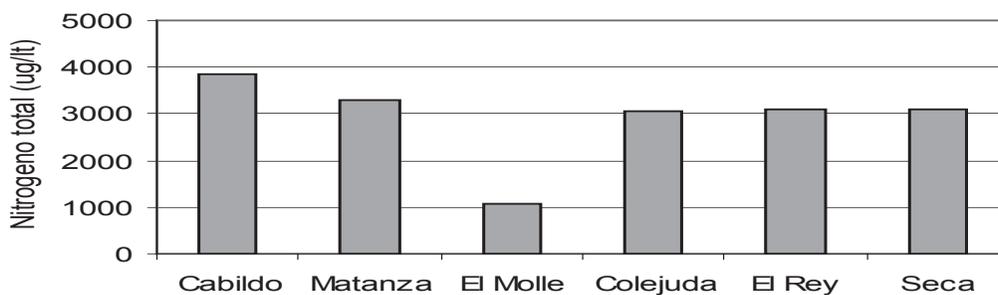


FIGURA 3. Contenido de Nitrógeno total en las lagunas del humedal el Yali. Octubre de 2004.

Por otra parte, una estimación de la variable de respuesta al enriquecimiento orgánico, Clorofila “a”, indica que Cabildo, Matanza y El Rey estarían eutrofizadas (Fig. 5), lo que concuerda con las observaciones de campo realizadas, en que se observaron, a simple vista, fuertes floraciones de microalgas en estas lagunas durante la primavera y el verano.

CUADRO 2. Niveles de nitrógeno total, fósforo total y clorofila “a” en algunos cuerpos de agua de el Humedal El Yali.

Lagunas	Nitrógeno total (ug/lt)	Fósforo total (ug/lt)	Clorofila “a” (ug/lt)
Cabildo	3867	310	23,1
Matanza	3284	24	82,9
El Molle	1073	34	2,7
Colejuda	3067	294	5,6
El Rey	3113	125	16,4
Seca	3110	203	5,1

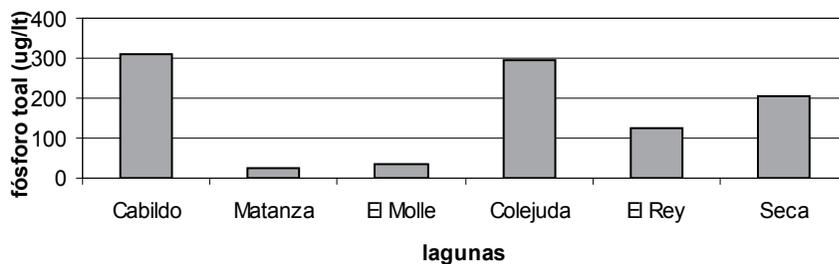


FIGURA 4. Contenido de Fósforo total en las lagunas del humedal el Yali.

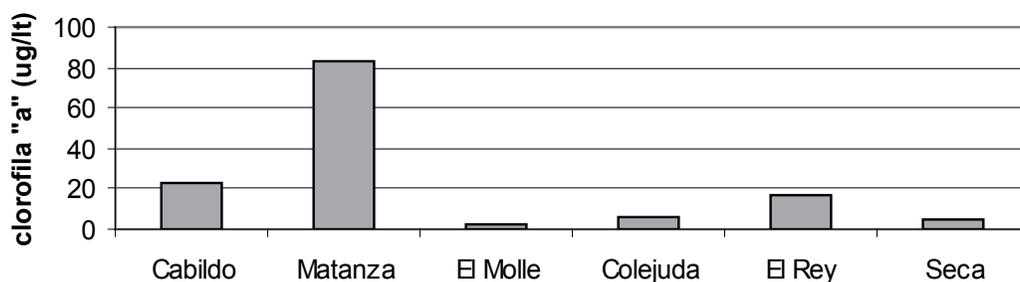


FIGURA 5. Contenido de Clorofila "a" en las lagunas del humedal el Yali.

Cuando se relaciona la proporción de praderas agrícolas que presenta cada cuenca de las lagunas del Humedal El Yali con el contenido de Nitrato total se observa que existe una relación directa entre cada variable. El enriquecimiento por Nitrógeno detectado en cada una aumenta al subir la proporción de praderas agrícolas (Figs. 6 y 7).



FIGURA 6. Praderas agrícolas y campos de trigo - Vista panorámica del Humedal el Yali (Foto: Pablo Fernández).

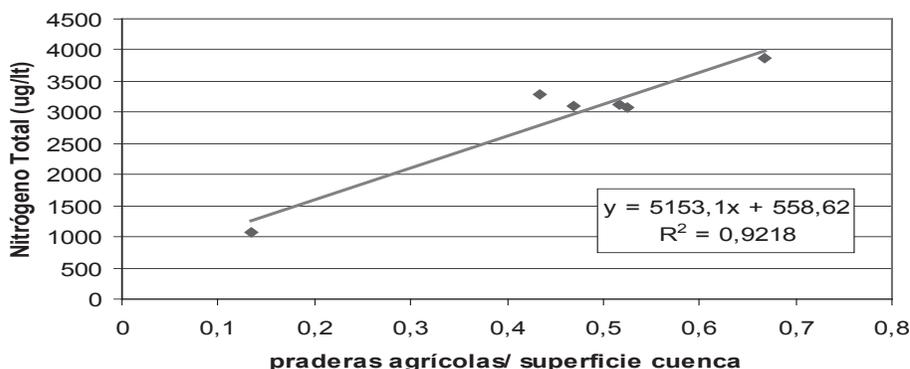


FIGURA 7. Humedal El Yali: relación entre el nitrógeno total y la proporción de praderas agrícolas de cada cuenca (octubre de 2004).

Cuando se relaciona la proporción de bosque nativo que ocupa cada cuenca con el contenido de Nitrógeno total de sus lagunas, se observa una relación inversa entre ambas variables (Figura 8). Sin embargo, en este caso el porcentaje de explicación de la variación del Nitrógeno a partir de la cobertura de bosques nativos es menor que en el caso de las praderas agrícolas.

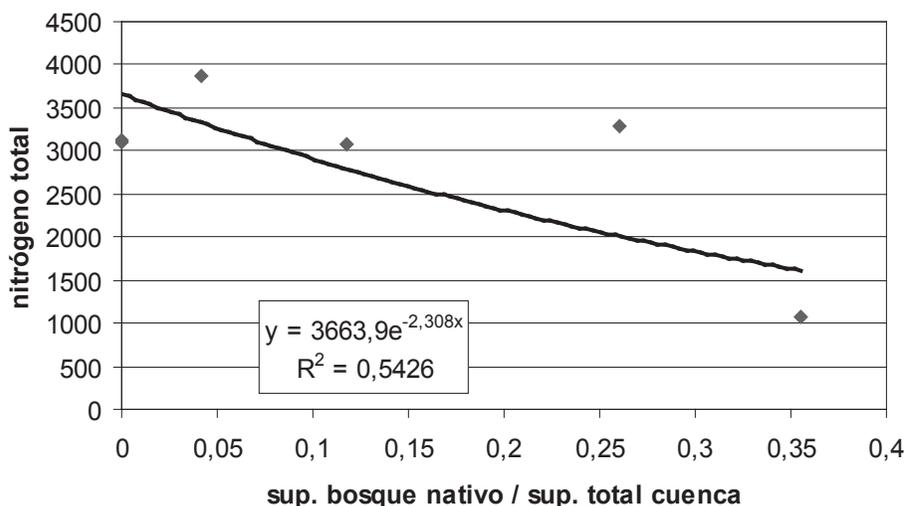


FIGURA 8. Humedal El Yali: Relación entre el nitrógeno total de cada laguna y proporción de bosque nativo presente en su cuenca (octubre 2004).

Cuando se relaciona el contenido de Fósforo total con el porcentaje de praderas agrícolas de cada cuenca, se observa que este aumenta en relación directa con la proporción de praderas agrícolas, la curva que mejor se ajusta a los datos es una exponencial positiva que explica el 52 % de la varianza. (Fig. 9).

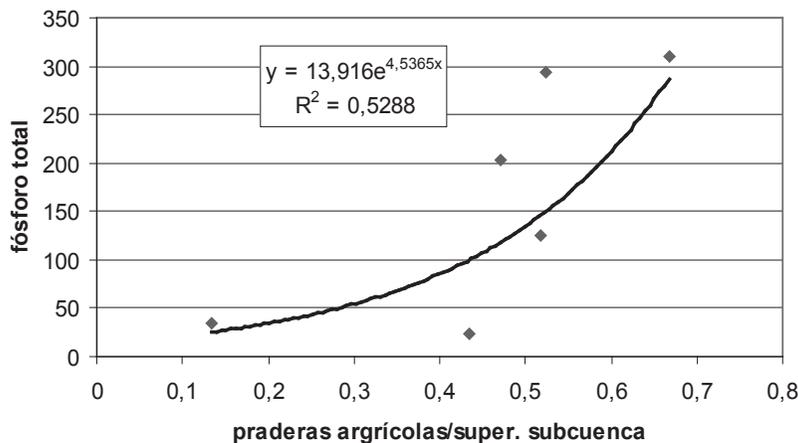


FIGURA 9. Humedal El Yali: Relación entre el fósforo total de cada laguna y la proporción de praderas agrícolas en su cuenca. (octubre de 2004).

Esta relación se invierte cuando se consideran las superficies de bosque nativo, mientras mayor es la proporción de bosque nativo menor es el grado de eutrofización de cada laguna (Fig. 10).

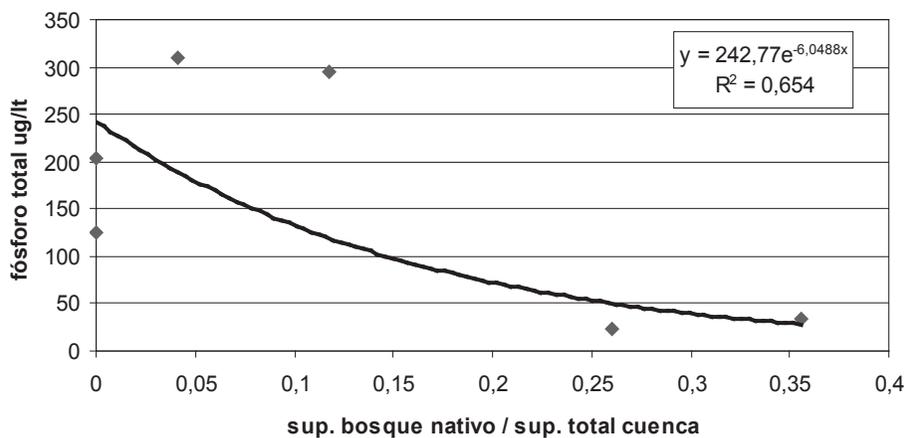


FIGURA 10. Humedal El Yali: Relación entre la proporción de bosque nativo presente en cada cuenca del humedal y el contenido de fósforo total de sus lagunas (octubre de 2004).

## DISCUSIÓN

Las formaciones vegetacionales naturales componen el 28,9 % de la superficie que abarcan estas cinco microcuencas, de éstas el 18,6 % corresponden a bosque esclerófilo en distinto grado de madurez y el 10,3 % a matorral espinoso. En general el bosque esclerófilo alcanza su mayor desarrollo

en las laderas de exposición sur de cada cuenca y está compuesto por varias especies leñosas, donde sobresalen *Cryptocarya alba*, *Trevoa trinervis*, *Peumus boldus*, *Lithrea caustica*, *Schinus latifolius*, *Baccharis linearis*, *Acacia caven*, *Kageneckia oblonga*; mientras el matorral espinoso posee como especie dominante a *Acacia caven* en las planicies, presentándose asociada a *Echinopsis litoralis*, *Neopoteria subgibbosa* y *Puya venusta* en las quebradas de exposición norte.

Si bien la suma de ambas formaciones vegetacionales no resulta ser del todo baja, dista mucho de ser satisfactoria para un sitio que ha sido protegido con el fin de conservar su biodiversidad. Ambas formaciones vegetacionales otorgan refugio, alimentación y zonas de reproducción que resultan ser críticas para la sobrevivencia de muchas especies de vertebrados en peligro. Así por ejemplo, en el humedal del Yali es posible encontrar 18 especies de mamíferos, de los cuales 16 serían especies nativas (Brito1999). Entre éstas, cinco se consideran inadecuadamente conocidas (I.C.), dos especies – el Chingue, *Conepatus chinga* y el Degú Costino, *Octodon lunatus* – serían consideradas raras (R), 3 especies – el Quique, *Galictis cuja*, el Degú Costino, *Octodon lunatus* y el Coipo *Myocastor coipus* se consideran Vulnerables (V) y 3 especies- la Guiña, *Oncifelis guigna*, el Cururo, *Spalacopus cyanus* y la Yaca, *Tylamis elegans* – se consideran en peligro de extinción. Todas estas especies - altamente valiosas - requieren que el bosque esclerófilo y el matorral espinoso sean protegidos y, de ser posible, que se instaure un programa de recuperación de la flora nativa en el lugar.

Por otro lado, el porcentaje de bosque nativo (esclerófilo) presente en cada cuenca está inversamente relacionado con el grado de eutrofización que manifiestan las lagunas. Esto se debe a que esta formación vegetal suele ubicarse en los márgenes de las lagunas y absorbe parte de los nutrientes que son arrastrados por el agua desde las partes más altas de cada cuenca. Por lo que una forma de mitigar el enriquecimiento por nutrientes en estos cuerpos de agua, es la recuperación de la flora nativa en las riberas del humedal.

El alto grado de contenido de nutrientes detectado en la mayoría de los cuerpos de agua del humedal ha sido también estadísticamente asociado al uso de la tierra en las microcuencas que componen el sitio. En éstas, el principal cultivo es el trigo y la forma de cultivo empleada para su producción es la de rotación de cultivos, donde se alternan períodos de cultivo de trigo, períodos de cultivo de garbanzos y períodos de descanso de la tierra. Este método se hace necesario debido al carácter de los suelos, pobres en nutrientes, que genera la necesidad de emplear fertilizantes químicos para obtener buenos rendimientos de cosecha. Esto, unido a los bajos niveles de tecnología agrícola que se emplean en la zona produce que se usen más fertilizantes que lo que el cultivo requiere. Es altamente probable que el exceso de fertilizantes sea arrastrado por las lluvias hasta los cuerpos de agua y cause su enriquecimiento orgánico o eutrofización.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITO, J. L.  
1999 Vertebrados del Humedal El Yali y su Costa, Santo Domingo, Chile Central. Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso 24: 121 – 126.
- CARLSON, R. E. & SIMPSON, J.  
1996 A coordinator's guide to volunteer lake monitoring methods. **North American Lake Management Society**, Madison, WI. 63 p.
- EPA  
2004 The Basis for Lake and Reservoir Nutrient Criteria. EPA Ed., Washington DC. 232 p.
- GAJARDO, R.  
1994 La vegetación natural de Chile: clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago.
- LEIVA, I., MEZA, J. y MODER, L.  
1995 Fundamentos para la creación de la reserva Nacional El Yali. Corporación Nacional Forestal. 20 p.
- MARGALEF, R.  
1980 Tratado de Ecología. Omega, Madrid. 951 p.

REVENGA, C., BRUNNER, J., HENNINGER, N., PAYNE, R., y KASSENS, K.

2000 **Research Report: Pilot analysis of global ecosystems: freshwater systems.** 100 p.

VOLLENWEIDER, R. A.

1968 The scientific basis of lake and stream eutrophication with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. Technical Report DAS/DSI/68.27, Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, France. 482 p.

VOLLENWEIDER, R. A. & KEREKES, J. J.

1980 Background and summary results of the OECD cooperative program on eutrophication. In: Proceedings of an International Symposium on Inland Waters and Lake Restoration, p. 26-36. U.S. Environmental Protection Agency. EPA 440/5-81-010. Washington DC. 824 p.

Contribución recibida: 20.08.07; aceptada: 28.09.07