

Comparación florística y estado trófico basado en plantas indicadoras de lagunas costeras de la región de La Araucanía, Chile

ENRIQUE HAUENSTEIN ^{1, ✉}, FERNANDO PEÑA-CORTÉS ¹, CARLOS BERTRÁN ²,
JAIME TAPIA ³ & ROBERTO SCHLATTER ²

1. *Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales, Univ. Católica de Temuco, Temuco, Chile.*
2. *Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile, Valdivia.*
3. *Instituto de Química de Recursos Naturales, Universidad de Talca, Chile.*

RESUMEN. En este trabajo se estudia la flora y se identifican especies indicadoras de eutrofización por nitrógeno en cuatro lagunas del borde costero de la Región de La Araucanía, Chile. Se encontraron 82 especies de macrófitas vasculares. Laguna Tromen tiene la mayor riqueza de especies (45 taxa), le siguen Patagüa y Peule con 42 cada una, y laguna Puyehue con sólo 36. El análisis de similitud indica que las lagunas florísticamente más próximas son Patagüa y Peule; la más disímil es Puyehue. Las especies alóctonas son dominantes en las cuatro lagunas (>47% de las especies) y la forma de vida más importante corresponde a los hemicriptófitos (40 especies). Ambos elementos indican un fuerte impacto antrópico en sus riberas. Laguna Patagüa posee el mayor número de macrófitas indicadoras de eutrofización (8), lo que sugiere un mayor nivel de trofismo; laguna Puyehue en cambio posee sólo tres, y un número total de especies también menor, lo que significaría un menor nivel trófico.

[Palabras clave: bioindicadores, macrófitas, humedales]

ABSTRACT. Floristic comparison and trophic condition based on indicator species in coastal lagoons of the Araucanian Region, Chile: This study describes and analyses plant species diversity and identifies indicator species for nitrogen eutrophication in four coastal lagoons in the Araucanian Region, Chile. A total of 82 vascular macrophyte species were identified. Tromen lagoon has the highest species richness (45 taxa), followed by Patagüa and Peule with 42 species each, while only 36 were found in Puyehue. Patagüa and Peule have the most similar flora, while Puyehue is the most dissimilar. Alloctonous species predominate in all four lakes (more than 47% being introduced species), and the most common life form are the hemicryptophytes with 40 species, indicating a strong human impact on their lakeshores. Patagüa lagoon has the greatest number of eutrophication indicators (8 species), showing a high trophic level. Puyehue, on the other hand, has only three, coinciding with the lowest species richness, so its trophic level should be lower.

[Keywords: bioindicators, macrophytes, wetlands]

✉ Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D, Temuco, Chile.
ehauen@uct.cl

Recibido: 12 de diciembre de 2005; Fin de arbitraje: 18 de julio de 2007; Revisión recibida: 2 de octubre de 2007; Aceptado: 16 de octubre de 2007

INTRODUCCIÓN

La vegetación ha sido utilizada durante mucho tiempo como indicadora de las características del hábitat y ha tenido una amplia utilidad para aplicaciones agronómicas (Diekmann 2003). Las comunidades vegetales o determinados grupos florísticos son mejores indicadores de las condiciones ambientales que las especies individuales, como es el caso de los indicadores de suelos salinos (Kollmann & Fischer 2003), condiciones de luz, temperatura, humedad del suelo, pH, fertilidad (nitrógeno, fósforo), salinidad y presencia de metales pesados (Ellenberg 1950, 1974; Ellenberg et al. 1992). De esta forma, sobre la base de la presencia/ausencia y abundancia de ciertas especies, el conocedor es capaz de señalar con cierta certeza y rapidez muchas de las condiciones del hábitat; a lo que se suma su bajo costo, comparado por ejemplo con el de análisis químicos. Ellenberg (1974) propuso y estableció "valores indicadores" para diferentes factores del hábitat, de más de 2000 especies de plantas vasculares europeas, a lo cual han adherido numerosos investigadores (Klinka et al. 1989; Ramírez et al. 1991; Diekmann 2003). A pesar de no haber estado exento de críticas (Ewald 2003; Wamelink & van Dobben 2003), el uso de la vegetación como indicadora del ambiente no deja de ser una herramienta importante en investigaciones ecológicas aplicadas y en proyectos de conservación y restauración (Kollmann & Fischer 2003).

Las lagunas costeras, constituyentes importantes de los sistemas estuarinos mundiales, se caracterizan por su elevada productividad y biodiversidad. Sus variables químicas, físicas y biológicas tienen una dinámica particular determinada en gran medida por cuatro grandes componentes: caudal y escurrimiento de los ríos, entrada de agua marina y efecto de las mareas, litología del lecho y transporte de sedimentos, y atmósfera. Su alta productividad se debe al aporte de nutrientes, materia orgánica particulada y sedimentos transportados por los cursos de agua tributarios (Parra 1989; Stuardo & Valdovinos 1989; Valdovinos et al. 2005).

En Chile, estos cuerpos de agua presentan algún grado de eutrofización o de salinidad, esto

último debido a la influencia marina cuando se ubican en las cercanías del mar (Stuardo & Valdovinos 1989). Son importantes como ambientes de descanso, alimentación y nidificación de aves migratorias, cumpliendo además un rol fundamental como sitios de reproducción, desarrollo y crecimiento de muchas especies vegetales y animales (Schlatter 2005). A pesar de su importancia ecológica, estos ambientes no han sido estudiados en forma integrada. En la costa de la Región de La Araucanía existe un número importante de lagunas, siendo la que más destaca el lago Budi, una típica albufera costera, de gran superficie, alta biodiversidad e importancia étnico-cultural (Stuardo et al. 1989; Saavedra 1994; Hauenstein et al. 1993, 1999; Valdovinos et al. 2005; Peña-Cortés et al. 2006). El presente estudio enumera y compara las especies vegetales presentes, identifica aquellas indicadoras de eutrofización y determina el grado de impacto antrópico en cuatro lagunas del borde costero de la Región de la Araucanía, Chile.

MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en cuatro lagunas del borde costero de la Región de La Araucanía: Patagüa, Peule, Puyehue y Tromen (Tabla 1). Estas lagunas, de aguas someras que no superan los 4 m de profundidad. Se ubican sobre el extenso llano de sedimentación fluvio-marina del borde costero de la región de La Araucanía, área que en los últimos 50 años ha sido afectada por movimientos de solevantamiento y hundimiento tectónico, lo que derivó en el aumento de áreas anegadas y/o en el potenciamiento de procesos de inundación. Las lagunas Peule y Tromen tienen una conformación similar, correspondiendo a depresiones de formas aproximadamente circulares y dispuestas en sentido norte-sur. La laguna Patagüa, se encuentra en un lóbulo de meandro del río Toltén presentando un canal de desagüe de entre 12 y 16 m de ancho, que se conforma sobre dunas estabilizadas y paleodunas. Estas tres lagunas son de tipo continental y registran las variaciones hidrológicas asociadas a la precipitación invernal y de marea que presentan los ríos Toltén (Peule y Patagüa) y Boldo (Tromen).

La laguna Puyehue es la única con conexión directa al mar, tiene forma oval y alargada y se orienta de norte a sur en un relieve modelado por cordones litorales, dunas y procesos de deflación eólica. Su desembocadura al mar no es permanente, estando sujeta a la variación de caudal y de marea (Peña-Cortés et al. 2006). Estas lagunas difieren en sus contenidos de P, N, conductividad y pH (Tabla 1).

Colección y análisis de datos

La vegetación se prospectó durante el verano 2003 y 2004. En cada laguna se ubicaron 12 transecciones lineales de 20 m cada una (desde la línea de costa 10 m hacia el cuerpo de agua

y 10 m hacia fuera). Sobre cada transección se censaron cuatro cuadrados de 4 x 4 m de superficie. La recolección de la flora hidrófila se realizó con ayuda de una lancha. La clasificación, nomenclatura y origen fitogeográfico de las especies se basó en Marticorena & Quezada (1985) y Matthei (1995) y las formas de vida en Ellenberg & Mueller-Dombois (1966). Los taxa de helófitos e hidrófitos siguieron la clasificación de Ramírez et al. (1980) y Ramírez & Stegmeier (1982), respectivamente. El grado de intervención antrópica se determinó en base a la propuesta de Hauenstein et al. (1988) y a la escala de evaluación propuesta por González (2000), que utilizan el origen fitogeográfico y las formas de vida de las especies para establecer el grado de perturbación humana de un

Tabla 1. Ubicación geográfica y características morfométricas y físico-químicas de las lagunas Patagüa, Peule, Puyehue y Tromen.

Table 1. Geographic position and morphometric and physical-chemical characteristics of the coastal lagoons Patagüa, Peule, Puyehue and Tromen in the Araucania Region, Chile.

Parámetros	Patagüa	Peule	Puyehue	Tromen
Latitud (S)	39°12'39"	39°08'47"	39°12'39"	39°13'10"
Longitud (W)	73°12'03"	73°10'09"	73°16'53"	73°09'53"
Altitud (msnm)	7	14	5	12
Superficie (km ²)	0.424	0.565	0.257	0.224
Longitud máxima (km)	1.04	1.35	1.53	1.04
Ancho máximo (km)	0.4	0.63	0.45	0.5
Profundidad máxima (m)	3.6	4.0	3.0	1.5
Tamaño de cuenca (km ²)	182.38	182.38	20.06	393.88
Índice cuenca/lago	430.14	322.79	78.05	1758.39
*Fósforo total (µg/l)	13.9±7.1	107.8±145.8	18.4±17.4	37.7±26.9
*Nitrógeno (NO ₃ -N) (µg/l)	0.35±0.07	0.46±0.05	1.14±0.20	0.75±0.31
*Conductividad (µS/cm)	48.8	34.45	294.5	52.6
*pH	7.07±0.27	7.01±0.30	6.84±0.11	6.71±0.81
*Temperatura (°C)				
Máxima	22.7	23.3	23.7	23.0
Mínima	8.5	10.4	9.6	8.1

* Datos no publicados (F. Peña-Cortés; E. Hauenstein; T. Durán; C. Bertrán; R. Schlatter & J. Tapia). Datos de Fósforo, Nitrógeno, conductividad y pH corresponden al promedio de la estación invernal (2 muestreos, años 2003 y 2004) y valores de desviación standard para P, N y pH; las temperaturas mínima y máxima corresponden a valores de 2 muestreos por estación en el período 2003-2005.

* Unpublished data (F. Peña-Cortés; E. Hauenstein; T. Durán; C. Bertrán; R. Schlatter & J. Tapia). Phosphorus, nitrogen, conductivity and pH data are winter averages (2 samples, years 2003, 2004) and deviation standard for P, N and pH; minimum and maximum temperature correspond to two samples per season for the 2003-2005 period.

lugar, a través de la relación especies nativas versus introducidas. La comparación florística entre dichas lagunas, se realizó mediante un análisis de agrupamiento utilizando el coeficiente de Bray-Curtis, con datos de presencia/ausencia, analizados con el programa estadístico Biodiversity Pro 2.0.

Para estimar una eventual contaminación por nitrógeno de estos cuerpos acuáticos, se aplicó el criterio de presencia-ausencia y número de especies indicadoras, de acuerdo a las listas de especies señaladas en Ellenberg (1974), Klinka et al. (1989), Ramírez et al. (1991) y Ellenberg et al. (1992). El valor indicador de cada especie para el factor nitrógeno se determinó según la escala de Ellenberg (1974; X=indiferencia respecto al factor; 1=de sustratos muy pobres en nitrógeno; 2=entre 1 y 3; 3=preferencia por suelos pobres en N; 4=entre 3 y 5; 5=en sustratos con niveles intermedios de N; 6=entre 5 y 7; 7=en sustratos ricos en N; 8=entre 7 y 9; 9=indicadoras de eutrofización). También se consideró la presencia-ausencia de especies intolerantes a aguas eutrofizadas, según lo indicado por Ramírez et al. (1982) y Ramírez & San Martín (2006).

RESULTADOS

En las cuatro lagunas estudiadas se determinaron, en total, 82 especies de macrófitas vasculares. Laguna Tromen presenta la mayor riqueza de especies, con 45 taxa. Le siguen Patagüa y Peule, con 42 especies cada una, y laguna Puyehue, con sólo 36 (Tabla 2). El origen fitogeográfico (Fig. 1) muestra que son dominantes las especies alóctonas. Las cuatro lagunas presentan altos porcentajes de taxa introducidos, Patagüa y Peule 20 especies cada una (47.6%), Tromen 22 (48.9%) y Puyehue 23 taxa (63.9%). Por su parte, el espectro biológico global, importante indicador de factores ambientales (Grigera et al. 1996) (Fig. 2, Tabla 2), muestra que los hem criptófitos son los más frecuentes (40 especies), siguen en importancia los criptófitos, que incluyen hidrófitos, helófitos y geófitos (24 especies), fanerófitos, incluyendo nanofanerófitos (nueve especies), terófitos con ocho y caméfitos con sólo un taxa.

El dendrograma de similitud florística (Fig. 3) agrupa tres bloques; el primero reúne a las lagunas Patagüa y Peule, cuya afinidad florística es de 64.3%; el segundo, agrupa a la laguna Tromen al primer bloque con 55.2% de similitud, y el tercero a la laguna Puyehue, con una similitud cercana al 40%.

Las especies indicadoras de contaminación con sustancias ricas en nitrógeno (Tabla 3) que poseen los valores máximos (valor 9) y por ende indicadoras de eutrofización, son sólo tres: *Callitriche palustris*, *Cotula coronopifolia* e *Hydrocotyle ranunculoides*. Con valor 8, que también indica altos niveles de nitrógeno, hay nueve especies: *Alisma plantago-aquatica*, *Cirsium vulgare*, *Distichlis spicata*, *Gratiola peruviana*, *Hydrocotyle modesta*, *Nierembergia repens*, *Rumex conglomeratus*, *R. crispus* y *Utricularia gibba*. Las lagunas Peule, Puyehue y Tromen poseen sólo una especie indicadora de eutrofización cada una, en cambio Patagüa posee tres. Si se suman las especies con valor 8 (intermedios entre niveles alto de nitrógeno y eutrofización), laguna Patagüa sigue liderando con el mayor número de especies indicadoras (8), luego Tromen con siete y Peule con seis; en cambio en Puyehue se encuentran sólo tres. Esto señalaría mayor trofismo en las tres primeras, especialmente en Patagüa. Por otro lado, en ninguna de las lagunas estudiadas se registraron especies de macrófitas intolerantes a altos niveles eutróficos.

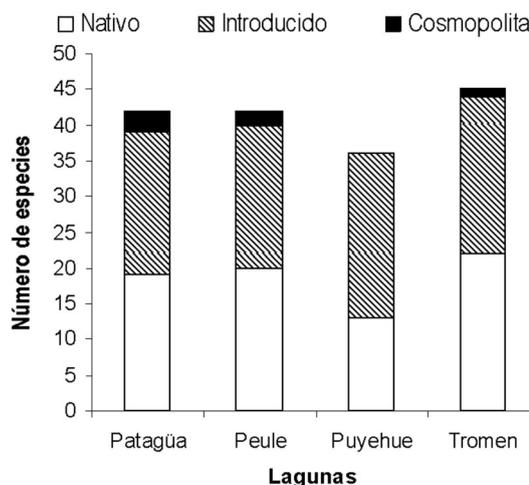


Figura 1. Origen geográfico de la flora de las lagunas estudiadas.

Figure 1. Geographic origin of the flora of the lagoons studied.

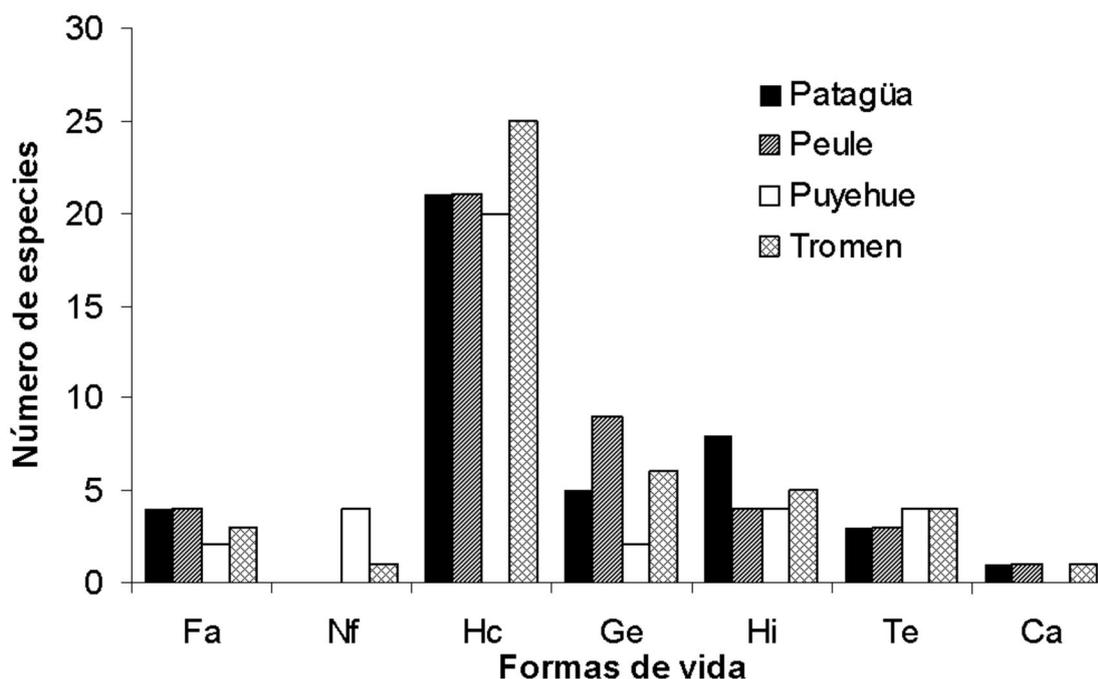


Figura 2. Espectro biológico (formas de vida) de la flora de las lagunas estudiadas. Fa=Fanerófitas; Nf=Nanofanerófitas; Hc=Hemicriptófitas; Ge=Geófitas; Te=Terófitas; Ca=Caméfitas.

Figure 2. Life form spectra (number of species) of the flora of the four lagoons studied. Fa=Fanerophytes; Nf=Nanophanerophytes; Hc=Hemicryptophytes; Ge=Geophytes; Te=Therophytes; Ca=Chamaephytes.

DISCUSIÓN

Las lagunas estudiadas son relativamente pobres en especies, siendo Puyehue la de menor riqueza florística (Tabla 2), ya sea por el carácter más oligotrófico de sus aguas, o bien, por su mayor salinidad (Tabla 1), que al estar conectada al mar tiene influencia de aguas salinas, lo cual afecta el crecimiento de las macrófitas (Salisbury & Ross 2000). Al comparar estos valores de riqueza específica con los de dos lagunas costeras del litoral central de Chile [El Peral, en la V Región, con 62 taxa (Ramírez et al. 1987) y Torca, en la VII Región, con 69 taxa (Ramírez & San Martín 1984)], se aprecia que las lagunas en estudio presentan un menor número de especies, que podría atribuirse a menores niveles de eutrofización o a condiciones climáticas menos benignas imperantes en el sur. Las diferencias son aún mayores en el lago Budi, otra laguna costera de las proximidades, en la cual se identificaron 111 especies en sus riberas. Esto puede explicarse por la mayor superficie de este cuerpo

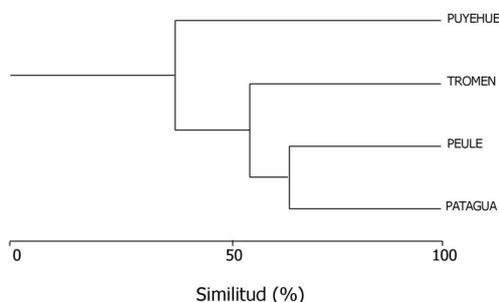


Figura 3. Dendrograma de similitud florística entre las lagunas estudiadas (Pu=Puyehue, Tr=Tromen, Pe=Peule, Pa=Patagüa).

Figure 3. Dendrogram of floristic similarity among the four studied lagoons (Pu=Puyehue, Tr=Tromen, Pe=Peule, Pa=Patagüa).

Tabla 2. Composición florística de las lagunas estudiadas (Pa=Patagüa, Pe=Peule, Pu=Puyehue, Tr=Tromen). Para cada especie se indica su valor indicador (VI), su origen fitogeográfico (OF) y su forma de vida (FV). I=Introducido, N=Nativo, Co=Cosmopolita, Fa=Fanerófito, Nf=Nanofanerófito, Ge=Geófito, Hi=Hidrófito, Hc=Hemicriptófito, Te=Terófito, Ca= Caméfito, +=Presente.

Table 2. Floristic composition of the lagoons studied (Pa=Patagüa, Pe=Peule, Pu=Puyehue, Tr= Tromen). The indicator value (VI), phytogeographic origin (OF) and life form (FV) is given for each species. I=Introduced, N=Native, Co=Cosmopolite, Fa=Phanerophyte, Nf=Nanephanerophyte, Ge=Geophyte, Hi=Hidrophyte, Hc=Hemicryptophyte, Te=Therophyte, Ca=Chamaephyte, +=Present.

Taxa	Pa	Pe	Pu	Tr	VI	OF	FV
Angiospermae (Magnoliophyta)							
Dicotyledoneae (Magnoliopsida)							
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	+				x	I	Fa
<i>Aster vahlii</i> (Gaud.) H. et A.			+		5	N	Ge
<i>Berberis trigona</i> Kunze ex Poepp. et Endl.			+		x	N	Nf
<i>Callitriche palustris</i> L.	+		+		9	I	Hi
<i>C. terrestris</i> Rafin.	+	+			5	I	Hi
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.				+	6	I	Ge
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	+				x	N	Hc
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.			+	+	8	I	Te
<i>Cotula coronopifolia</i> L.	+		+		9	I	Hc
<i>Dichondra sericea</i> Sw.		+			3	I	Hc
<i>Galium tricornerutum</i> Dandy	+			+	x	I	Te
<i>Geranium core-core</i> Steud.	+			+	6	N	Te
<i>Gratiola peruviana</i> L.		+	+		8	N	Hi
<i>Hedyotis salzmännii</i> (DC.) Steud.		+		+	3	N	Hc
<i>Hydrocotyle chamaemorus</i> Cham. et Schlecht				+	5	N	Hc
<i>H. modesta</i> Cham. et Schlecht.	+	+	+	+	8	N	Hc
<i>H. ranunculoides</i> L.f.	+	+		+	9	I	Hc
<i>Leontodon saxatilis</i> Lam.		+	+	+	x	I	Hc
<i>Leptinella scariosa</i> Cass.	+			+	3	N	Hc
<i>Limosella subulata</i> Ives	+				x	Co	Hi
<i>Lotus glaber</i> Mill.			+		5	I	Hc
<i>L. uliginosus</i> Schkuhr	+	+	+	+	5	I	Hc
<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) P.H. Raven	+	+		+	7	N	Hi
<i>Lupinus arboreus</i> Sims			+		x	I	Nf
<i>Myosotis palustris</i> (L.) Lam.	+	+			4	I	Hc
<i>Myrceugenia exsucca</i> (DC.) Berg	+	+			x	N	Fa
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.	+	+	+		6	N	Hi
<i>Nierembergia repens</i> R. et P.	+	+			8	N	Te
<i>Parentucellia viscosa</i> (L.) Caruel		+		+	6	I	Te
<i>Plantago lanceolata</i> L.	+		+		6	I	Hc
<i>P. major</i> L.	+				x	I	Hc
<i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx.	+	+		+	4	I	Hc
<i>P. persicaria</i> L.	+	+			7	I	Te
<i>Potentilla anserina</i> L.	+	+	+	+	5	I	Hc
<i>Prunella vulgaris</i> L.	+	+		+	x	Co	Ca
<i>Ranunculus repens</i> L.	+	+	+	+	x	I	Hc
<i>Rubus constrictus</i> Muell. et Lef.			+	+	6	I	Nf
<i>Rumex conglomeratus</i> Murr.	+	+		+	8	N	Hc
<i>R. crispus</i> L.	+	+		+	8	I	Hc

Tabla 2. Continuación.

Table 2. Continued.

Taxa	Pa	Pe	Pu	Tr	VI	OF	FV
<i>R. cuneifolius</i> Campd.	+	+	+		7	N	Hc
<i>Salix babylonica</i> L.	+	+	+	+	5	I	Fa
<i>S. caprea</i> L.		+		+	6	I	Fa
<i>S. viminalis</i> L.	+	+	+	+	x	I	Fa
<i>Sonchus asper</i> (L.) J. Hill			+		7	I	Te
<i>Trifolium pratense</i> L.				+	7	I	Hc
<i>T.repens</i> L.	+		+	+	6	I	Hc
<i>Ulex europaeus</i> L.			+		3	I	Nf
<i>Utricularia gibba</i> L.				+	8	N	Hi
<i>Veronica serpyllifolia</i> L.				+	4	I	Hc
<i>Vicia sativa</i> L.			+		7	I	Te
Monocotyledoneae (Liliopsida)							
<i>Agrostis capillaris</i> L.	+	+	+	+	4	I	Hc
<i>Alisma lanceolatum</i> With.	+				7	I	Hi
<i>A. plantago-aquatica</i> L.				+	8	I	Hi
<i>Anthoxanthum utriculatum</i> (R. et P.) Shouten et Veldk.			+		x	N	Hc
<i>Bromus catharticus</i> Vahl			+		5	N	Hc
<i>Carex acutata</i> Boott var. <i>acutata</i>		+		+	5	N	Hc
<i>C. brongniartii</i> Kunth		+			5	N	Hc
<i>C. fuscata</i> D'Urv. var. <i>fuscata</i>				+	5	N	Hc
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		+			5	I	Hc
<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	+	+		+	6	N	Ge
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene				+	8	N	Hc
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. et Schult.	+	+		+	x	N	Ge
<i>E. macrostachya</i> Britton	+	+		+	x	N	Ge
<i>E. pachycarpa</i> E. Desv.		+		+	x	N	Ge
<i>Holcus lanatus</i> L.			+	+	4	I	Hc
<i>Hordeum chilense</i> Roem. et Schult.	+		+	+	x	N	Hc
<i>Juncus arcticus</i> Willd. var. <i>mexicanus</i>	+		+		5	I	Hc
<i>J. imbricatus</i> Laharpe				+	5	N	Hc
<i>J. pallens</i> Lam.	+	+		+	5	N	Hc
<i>J. procerus</i> E. Mey.	+	+	+	+	5	N	Hc
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.		+	+	+	x	I	Hc
<i>L. perenne</i> L.	+	+			6	I	Hc
<i>Nothoscordum striatellum</i> (Lindl.) Kunth		+			6	N	Ge
<i>Paspalum paspalodes</i> (Michx.) Scribner		+			5	I	Ge
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	+	+			5	Co	Ge
<i>Polypogon australis</i> Brong.			+		4	N	Hc
<i>Potamogeton linguatus</i> Hagstr.				+	x	N	Hi
<i>P. pusillus</i> L.			+		x	N	Hi
<i>P. striatus</i> R. et P.	+		+		x	N	Hi
<i>Sagittaria montevidensis</i> Cham. et Schltldl.				+	4	N	Hi
<i>Scirpus californicus</i> (C.A. Mey.) Steud.	+	+	+	+	4	N	Ge
<i>S. inundatus</i> (R. Br.) Poir.		+			1	N	Ge
Total macrófitas vasculares: 82	42	42	36	45			

de agua y su mayor heterogeneidad ambiental, incluso condiciones de salinidad, que permiten la presencia de un número importante de macroalgas como *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link y *Gracilaria chilensis* Bird, Mc Lachlan & Oliveira (Hauenstein et al. 1999, 2005; Valdovinos et al. 2005).

Por otra parte, en lagos de la precordillera andina denominados "Araucanos", cuyas aguas son oligotróficas y de superficie mucho mayor que las lagunas en estudio (Campos 1984), se ha encontrado mayor variabilidad en riqueza florística. Mientras los lagos Llanquihue y Cayutué presentan una riqueza de especies muy similar a las lagunas en estudio, 40 y 37 respectivamente (Hauenstein et al. 1991-1992); los lagos Villarrica, Caburgua y Calafquén son más ricos, registrándose 65, 64 y 69 especies respectivamente (Hauenstein et al. 1996, 1998). El bajo número de especies de las cuatro lagunas estudiadas reafirmaría el carácter oligotrófico de sus aguas.

El alto porcentaje de especies alóctonas presentes en las lagunas estudiadas (Fig. 1, Tabla 2), indica un fuerte grado de antropización en sus riberas (Hauenstein et al. 1988), que según la escala de González (2000) corresponde a la categoría de "altamente intervenido", ya que todas superan el 30% de alóctonas. La forma de vida más abundante corresponde a los hemicriptófitos (Fig. 2, Tabla 2), lo que puede asociarse con una significativa presencia del hombre, ya que la mayoría de estos taxa corresponden a malezas, adaptadas a soportar el ramoneo y pisoteo de los animales (Ramírez 1988); le siguen en importancia los criptófitos, formas de vida importantes en cuerpos de agua, los fanerófitos y luego los terófitos. Estos últimos indican climas secos, lo que no concuerda con los niveles de precipitaciones en el área. Es probable que la causa sea la condición de salinidad de alguna de estas lagunas, como el caso de Puyehue, lo que produciría la sequía fisiológica de las especies (Salisbury & Ross 2000). Por otro lado, Grigera et al. (1996)

Tabla 3. Especies indicadoras de eutrofización y de niveles altos de nitrógeno (VI=Valor indicador; +=Presencia).

Table 3. Indicator species of eutrophication and high nitrogen levels (VI=Indicator value; +=Presence).

Especie	Lagunas				VI
	Patagüa	Peule	Puyehue	Tromen	
<i>Callitriche palustres</i>	+				9
<i>Cotula coronopifolia</i>	+		+		9
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	+	+		+	9
<i>Cirsium vulgare</i>			+	+	8
<i>Utricularia gibba</i>			+		8
<i>Gratiola peruviana</i>	+	+			8
<i>Hydrocotyle modesta</i>	+	+		+	8
<i>Nierembergia repens</i>	+	+			8
<i>Rumex conglomeratus</i>	+	+		+	8
<i>R. crispus</i>	+	+		+	8
<i>Alisma plantago-aquatica</i>				+	8
<i>Distichlis spicata</i>				+	8
Total	8	6	3	7	

señalan que los terófitos, representados por sólo ocho especies en estas lagunas, no reflejan impacto antrópico pero sí son importantes como colonizadores de nuevos ambientes.

La mayor similitud florística (Fig. 3) la presentan las lagunas Patagüa-Peule, que están próximas entre sí y asociadas al río Toltén. Próxima a éstas y agrupada a este primer bloque está laguna Tromen, ligada al curso del río Boldo. Laguna Puyehue, mas alejada, en cambio, presenta una similitud florística menor. Esta mayor diferencia florística entre laguna Puyehue y las otras tres, sería explicada principalmente por un mayor distanciamiento físico y su cercanía al mar, lo cual causa condiciones de mayor salinidad (conductividad eléctrica=295 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Tabla 1), que determinarían el menor número de especies presentes.

Las concentraciones promedio de nitrógeno (Tabla 1) de las lagunas, están todas en el rango de oligotrofia; en cambio, las concentraciones de fósforo se encuentran en el rango de mesotrofia, y de eutrofia para laguna Peule. De acuerdo a Soto et al. (1993) y Soto & Campos (1995) cuando la relación P/N es muy alta, tanto el fitoplancton como los macrófitos están limitados en su crecimiento, lo que ayudaría a explicar la baja riqueza de especies de estas lagunas. Sin embargo, a pesar de las concentraciones de nitrógeno medidas, tres lagunas poseen sólo una especie indicadora de eutrofización por nitrógeno (valor 9, Tabla 3), lo cual es un indicador de oligotrofia (Hauenstein et al. 1996, 1999). Por su parte, laguna Patagüa posee tres especies indicadoras lo que significaría niveles de mesotrofia, que no coincide con las concentraciones de nitrógeno medidas, pero sí con las de fósforo. Es probable que esta laguna, junto con Peule, reciba mayores aportes de fertilizantes nitrogenados y especialmente fosfatados, al menos en forma temporal, lixiviados desde sus riberas a causa de la intensa actividad agrícola y del aporte de fecas de la fauna nativa y doméstica presentes en el área (Hauenstein et al. 1999).

Oyarzún et al. (1997) estudiaron los efectos del uso del suelo sobre las concentraciones y exportación de nutrientes en seis microcuencas del sistema de drenaje del lago Rupanco en la X Región, encontrando que los sólidos

en suspensión son el principal medio de transporte de nitrógeno y fósforo, situación muy frecuente en las microcuencas con praderas ganaderas y praderas con agricultura limitada. Estos usos del suelo son los que predominan en las riberas de estas lagunas, por lo que, de no cambiar este uso del suelo, se espera que sus niveles tróficos tiendan a aumentar con el tiempo y no a disminuir.

Los resultados obtenidos muestran la existencia de oligotrofia en las lagunas estudiadas, ya que su riqueza de especies es baja en relación a otros cuerpos lacustres costeros como Budi, El Peral, Torca y algunos lagos preandinos, que tienen características eutróficas, pero con condiciones oligo-mesotróficas permitiendo un mayor desarrollo de macrófitos acuáticos y ribereños. Por otra parte, se reafirma que las macrófitas son importantes indicadoras de las condiciones tróficas de los cuerpos de agua en que habitan, pudiendo ser utilizadas en prospecciones rápidas sobre su condición ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto FONDECYT N° 1030861 "Análisis integrado del borde costero de la IX Región, propuestas y criterios para la planificación ecológica de sus humedales", por su apoyo financiero.

BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS, H. 1984. Limnological study of Araucanian Lakes (Chile). *Int. Vereinigung Theor. Limnol. Vehr.* **22**:1319-1327.
- DIEKMANN, M. 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review. *Basic and Applied Ecology* **4**:493-506.
- ELLENBERG, H. 1950. Ackerunkraut-Gemeinschaften als Bodenzeiger. *Landwirtschaftlicher Zentraldienst (Stuttgart-Hohenheim). Merkblatt* **1959**:1-14.
- ELLENBERG, H. 1974. Indicator values of vascular plants in Central Europe. *Scripta Geobotanica* **9**:1-17.
- ELLENBERG, H & D MUELLER-DOMBOIS. 1966. A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. *Ber. Geob. Inst. ETH Stiftung Rubel, Zurich* **37**:56-73.

- ELLENBERG, H; HE WEBER; R DÜLL; V WIRTH; W WERNER & D PAULISSEN. 2002. Ziegerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2da ed. *Scripta Geobotanica* 18:9-166.
- EWALD, J. 2003. The sensitivity of Ellenberg indicator values to the completeness of vegetation relevés. *Basic and Applied Ecology* 4:507-513.
- GONZÁLEZ, A. 2000. *Evaluación del recurso vegetacional en la cuenca del río Budi, situación actual y propuestas de manejo*. Tesis Licenciatura en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco, Chile. 110 pp.
- GRIGERA, D; C BRION; JO CHIAPPELLA & MS PILLADO. 1996. Las formas de vida de las plantas como indicadores de factores ambientales. *Medio Ambiente* 13(1):11-29.
- HAUENSTEIN, E; M GONZÁLEZ; L LEIVA & L FALCÓN. 1998. *Diagnóstico del estado de contaminación de los lagos Calafquén y Caburgua*. Informe Final Proyecto FNDR N°20107905 IX Región, Chile.
- HAUENSTEIN, E; M GONZÁLEZ; L LEIVA & L FALCÓN. 1999. Flora de macrófitos y bioindicadores del lago Budi (IX Región, Chile). *Gayana Bot.* 56:53-62.
- HAUENSTEIN, E; M GONZÁLEZ; F PEÑA-CORTÉS & A MUÑOZ-PEDREROS. 2005. *Diversidad vegetal en humedales costeros de la región de La Araucanía*. Cap. 10. Pp 197-205, en: C Smith-Ramírez; JJ Armesto & C Valdovinos (eds.). *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- HAUENSTEIN, E; C RAMÍREZ; M LATSAGUE & D CONTRERAS. 1988. Origen fitogeográfico y espectro biológico como medida del grado de intervención antrópica en comunidades vegetales. *Medio Ambiente* 9(1):140-142.
- HAUENSTEIN, E; C RAMÍREZ; M GONZÁLEZ & C SAN MARTÍN. 1991-1992. Comparación de la flora macrofítica de tres lagos del Centro-Sur de Chile (Budi, Llanquihue, Cayutué). *Revista Geográfica de Valparaíso* 22-23:175-193.
- HAUENSTEIN, E; C RAMÍREZ; M GONZÁLEZ; L LEIVA & C SAN MARTÍN. 1996. Flora hidrófila del lago Villarrica (IX Región, Chile) y su importancia como elemento indicador de contaminación. *Medio Ambiente* 13(1):88-96.
- KLINKA, K; VJ KRAJINA; A CESKA & AM SCAGEL. 1989. *Indicators plants of Coastal British Columbia*. University of British Columbia Press, Vancouver. 288 pp.
- KOLLMANN, J & A FISCHER. 2003. Vegetation as indicator for habitat quality. *Basic and Applied Ecology* 4:489-491.
- MARTICORENA, C & M QUEZADA. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Bot.* 42(1-2):5-157.
- MATTHEI, O. 1995. *Manual de las malezas que crecen en Chile*. Alfabetá Impresores. Santiago, Chile. 545 pp.
- OYARZÚN, C; H CAMPOS & A HUBER. 1997. Exportación de nutrientes en microcuencas con distinto uso de suelo en el sur de Chile (Lago Rupanco, X Región). *Revista Chilena de Historia Natural* 70:507-519.
- PARRA, O. 1989. La eutroficación de la laguna grande de San Pedro, Concepción, Chile: un caso de estudio. *Ambiente y Desarrollo* 5:117-136.
- RAMÍREZ, C. 1988. Formas de vida, fitoclima y formaciones vegetacionales. *El Árbol... Nuestro Amigo* 4(1):33-37.
- RAMÍREZ, C; V FINOT; C SAN MARTÍN & A ELLIES. 1991. El valor indicador de las malezas del centro-sur de Chile. *Agro Sur* 19(2):94-116.
- RAMÍREZ, C; R GODOY; D CONTRERAS & E STEGMAIER. 1982. *Guía de plantas acuáticas y palustres valdivianas*. Instituto de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. 64 pp.
- RAMÍREZ, C & J SAN MARTÍN. 1984. Hydrophilous vegetation of a coastal lagoon in Central Chile. *Journal of Ecology Environment* 10:93-110.
- RAMÍREZ, C; J SAN MARTÍN; C SAN MARTÍN & D CONTRERAS. 1987. Estudio florístico y vegetacional de la laguna El Peral, Quinta Región de Chile. *Revista Geográfica de Valparaíso* 18:105-120.
- RAMÍREZ, C & C SAN MARTÍN. 2006. *Diversidad de macrófitos chilenos*. Cap. II. Pp 21-69, en: Vila, I; A Veloso; R Schlatter & C Ramírez (eds.). *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- RAMÍREZ, C & E STEGMAIER. 1982. Formas de vida en hidrófitos chilenos. *Medio Ambiente* 6:43-54.
- SAAVEDRA, M. 1994. *Censo oficial cisne de cuello negro (Cygnus melancoryphus) en el lago Budi, IX Región, Años 1989-1993*. Boletín Técnico N° 55. CONAF, IX Región, Temuco, Chile.
- SALISBURY, FB & CW ROSS. 2000. *Fisiología de las plantas*. International Thomson Editores, Paraninfo. Madrid. 988 pp.
- SCHLATTER, RP. 2005. *Distribución del cisne de cuello negro en Chile y su dependencia de los hábitats acuáticos de la Cordillera de la Costa*. Cap. 30. Pp 498-504, en: C Smith-Ramírez; JJ Armesto & C Valdovinos (eds.). *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- SOTO, D & H CAMPOS; W STEFFEN; O PARRA & L ZÚÑIGA. 1993. A case of potentially N-limited pristine lakes and ponds in Chilean Patagonia. *Archiv fur Hydrobiologie* 99:181-197.
- SOTO, D & H CAMPOS. 1995. *Los lagos oligotróficos del bosque templado húmedo del sur de Chile*. Cap. 17. pp 317-334, en: Armesto, JJ; C Villagrán & MK Arroyo (eds). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

- STUARDO, J & C VALDOVINOS. 1989. Estuarios y lagunas costeras: Ecosistemas importantes de Chile central. *Ambiente y Desarrollo* 5:107-115.
- STUARDO, J; C VALDOVINOS & V DELLAROSSA. 1989. Caracterización general del lago Budi: una laguna costera salobre de Chile central. *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA* 13: 57-69.
- VALDOVINOS, C; D FIGUEROA; F PEÑA-CORTÉS; E HAUENSTEIN; B GUÍÑEZ & V OLMOS. 2005. *Visión sinóptica de la biodiversidad acuática y ribereña del lago Budi*. Cap. 22. Pp 407-417, en: C Smith-Ramírez; JJ Armesto & C Valdovinos (eds.). *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- WAMELINK, GW & H VAN DOBBEN. 2003. Uncertainty of critical loads based on the Ellenberg indicator value for acidity. *Basic and Applied Ecology* 4:515-523.

