

# Determinación del nivel de antropización de humedales como criterio para la planificación ecológica de la cuenca del lago Budi, IX Región de La Araucanía, Chile<sup>1</sup>

Fernando Peña-Cortés<sup>2</sup>, Patricia Gutiérrez<sup>2</sup>, Gonzalo Rebolledo<sup>2</sup>, Miguel Escalona<sup>2</sup>, Enrique Hauenstein<sup>3</sup>, Carlos Bertrán<sup>4</sup>, Roberto Schlatter<sup>4</sup>, Jaime Tapia<sup>5</sup>

## RESUMEN

Se determinó el nivel de antropización de los humedales de la cuenca del Budi, en función del grado de alteración de cuencas y el grado de alteración de humedales. El primero, evaluado a partir del análisis espacial de la fragilidad y estabilidad de la hoya hidrográfica. El segundo, a través de un modelo de impacto modificado, con panel de expertos que valoró el cumplimiento de funciones de humedales y su estado. Se reconocieron principalmente 4 tipos de humedales: estuarino, palustre, ribereño y de marisma. Por otro lado, el 98% de la superficie total presenta altos grados de alteración, determinados por su inestabilidad y fragilidad. El uso agrícola fue ponderado como el principal agente de alteración de las funciones de los humedales, presentándose un 61% de estos en categoría de máxima alteración. La evaluación realizada permite discriminar áreas y generar criterios de base para la conservación de humedales en la cuenca.

**Palabras clave:** Nivel antropización, conservación de humedales, alteración de cuencas.

## ABSTRACT

The level of human impact on the wetlands of the Lago Budi Basin was established, as a function of the degree of alteration to the basin and the degree of alteration to the wetlands. The former was evaluated on the basis of a spatial analysis of the fragility and stability of the hydrographical basin. The latter through a modified impact model, with a panel of experts who evaluated the fulfilment of the wetlands' function and their state. Four principal types of wetlands were recognized: estuarine, meadow, waterside and marshy. It was found that 98% of the total surface presents a high degree of alteration, as determined by its instability and fragility. Farm use was weighted as the principal agent of alteration of the wetlands' functions, with 61% of this showing alteration in the maximum degree. This evaluation makes it possible to differentiate areas and generate base criteria for the conservation of wetlands in the basin.

**Key words:** Level of anthropization, conservation of wetlands, alteration of river basins.

<sup>1</sup> Los autores agradecen al Proyecto FONDECYT N° 1030861, *Análisis integrado del borde costero de la IX Región. Propuestas y criterios para la planificación ecológica de sus humedales*. Artículo recibido el 16 de marzo de 2006 y aceptado el 13 de octubre de 2006.

<sup>2</sup> Universidad Católica de Temuco, Laboratorio de Pla-

nificación Territorial. E-mail: fpena@uctemuco.cl; pcutierr@uct.cl

<sup>3</sup> Universidad Católica de Temuco, Escuela de Ciencias Biológicas y Químicas. E-mail: ehauen@uct.cl

<sup>4</sup> Universidad Austral de Chile, Instituto de Zoología. E-mail: cbertram@uach.cl; rshlatt@uach.cl

<sup>5</sup> Universidad de Talca, Instituto de Química de Recursos Naturales. E-mail: jtapia@utalca.cl

La planificación física con base ecológica surgida de la concepción de McHarg (1969 y 1980) y Lynch (1975), constituye hoy una respuesta para analizar el sistema territorial en forma integrada, pues estudia la problemática de sistemas organizados a través de relaciones bióticas y abióticas, explorando la interacción entre procesos naturales y las actividades humanas, y sus efectos en la estructura del paisaje y los ecosistemas (Zonneveld & Forman, 1990). Su finalidad es asegurar la armonía entre producción y calidad de vida y su objetivo es proponer tipos de uso del espacio por medio de criterios ecológicos de evaluación (Tarlet, 1985). Los estudios de Hills (1970), Mc Harg (1980), Lewis (1964), Johns (1973), Lynch (1975) y los métodos automáticos de Steinitz (1968), son la base de desarrollo de este enfoque. En el Hemisferio Norte, autores como Lewis (1964), Ramos y Ayuso (1974), González-Alonso (1979), Mc Harg (1980), Tarlet (1985) y en Chile Mardones *et al.* (1991), Jaque (1996), Peña-Cortés y Mardones (1999) y Peña-Cortés *et al.* (2006), han aplicado el enfoque ecológico en sus métodos de planificación, teniendo como objetivo directamente al ordenamiento del medio biofísico y uso de los recursos naturales.

Estos métodos, y otros en planificación territorial, utilizan el paisaje como elemento de análisis por ser una síntesis del territorio. Los elementos modificadores de este paisaje son numerosos y pueden estar condicionados a factores humanos o procesos y fenómenos naturales. La Ecología del Paisaje, estudia esta variación espacial a diversas escalas, utilizando métodos de la ecología y la geografía, abordando el análisis de los elementos, patrones e interacciones, que determinan la estructura, función y evolución de los paisajes, a fin de comprender su relación con los procesos ecológicos (Forman & Godron, 1986; Turner *et al.*, 1989; Turner, 1990; Forman, 1995; Burel & Baudry, 2002). Esta disciplina es aun incipiente en Chile y ha abordado temáticas diversas, entre ellas, la caracterización estructural del paisaje y la dinámica de evolución (Fuentes y Prenafeta 1988, Fuentes *et al.*, 1989, Fuentes *et al.*, 1990, Fuentes 1994, Torrejón y Cisternas 2002, Torrejón *et al.*, 2004), patrones del paisaje (Fuentes & Hajeck, 1979; Fuentes, 1990; Rau y Gants, 2001), fragmentación de hábitat y sus efectos sobre las poblaciones

animales (Bustamante y Grez, 1995; Fahrig & Grez, 1996; Sieving *et al.*, 1996; Grez *et al.*, 1998; Gants & Rau, 1999; Estades & Temple, 1999; Rau *et al.*, 2000; Kelt, 2001, Wilson *et al.*, 2001; Estades, 2001; De Santo *et al.*, 2002), corredores biológicos (Sieving *et al.*, 2000) y percepción ambiental (Muñoz-Pedrerros *et al.*, 2000; Muñoz-Pedrerros & Larraín, 2002).

La dinámica del paisaje está directamente relacionada con las actividades que se desarrollan a nivel de cuenca hidrográfica. Esta, entendida como un sistema dinámico, alberga el desarrollo de procesos, ciclos y flujos de materia y energía, que tienen que ver con el desenvolvimiento de los diversos componentes de un sistema ambiental (Zúñiga, 2002). En la cuenca, los elementos y patrones de origen antropogénico condicionan su estado ambiental (Dourojeanni, 2001), pudiendo su mal manejo causar efectos en la estabilidad y fragilidad de esta. La fragilidad, se refiere al grado de susceptibilidad a la degradación en base a factores físicos internos (Peña-Cortés & Mardones, 1999); por otra parte, la estabilidad es una condición gradual de equilibrio-desequilibrio entre el estado del medio natural y la presión ejercida por la población que usa un territorio. Las posibilidades de diferenciación espacial y de integración conceptual de procesos ambientales, hacen de ella un marco geográfico propicio para entender los impactos ambientales de las actividades humanas (Zúñiga, 2002), convirtiéndola en una unidad lógica de planificación (Montalvo, 1988).

Uno de los ecosistemas más susceptibles a nivel de cuenca lo constituyen los humedales. Estos corresponden a extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas por agua, sean de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Davis *et al.*, 1996). Presentan funciones, las cuales le otorgan un gran valor atribuido a su alta productividad biológica y diversidad de hábitat, también en su rol de beneficio en la estabilización de procesos hidrológicos y de filtros naturales (Brown & Lant, 1999, Bodini *et al.*, 2000). Su rol ecológico ha traído consigo el

desarrollo de diversas metodologías para su estudio y clasificación, Corwardin *et al.* (1979), desarrollaron una aproximación que considera cinco sistemas que corresponden a diferentes cuerpos de agua. El National Wetland Inventory (NWI), clasifica y valora los humedales desde el punto de vista estructural, tipo de material y vegetación que poseen; Papchenkov (1999), propone categorías básicas tales como tipo, clase, orden y superorden de humedales. Por su parte, Brinson (1993), Shaffer *et al.* (1999) y Hruby (1999 y 2001) proponen una caracterización de humedales utilizando métodos hidrogeomorfológicos (HGM), los cuales, clasifican y evalúan funcionalmente los humedales a escala de ecorregión (Omernik & Bailey, 1997). En cuanto a la evaluación de humedales con respecto a unidades paisajísticas, Dugan (1992) los evalúa y clasifica en: costas abiertas, llanuras de inundación, pantanos de agua dulce, lagos, turberas y bosques de inundación.

El estudio se desarrolla en la cuenca del río Budi (IX Región de la Araucanía), conformada por una laguna costera (Lago Budi), que se caracteriza por ser un cuerpo de agua de alta productividad, constituye además, un ecosistema único en la región, con una masa de agua salobre conectada al mar por un canal meándrico (Río Budi) (Peña-Cortés *et al.*, 2006). En la Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad (CONAMA, 2002), este sistema natural está considerado con muy alta prioridad por la presencia de humedales y diversidad biológica. Sin embargo, presenta fuerte presión de uso y niveles de eutrofización en diversos sectores (Peña-Cortés *et al.*, 2006). En ese contexto, el objetivo del trabajo es determinar el nivel de antropización en los diversos tipos de humedales, sobre la base del grado de alteración de la cuenca y el impacto de las actividades humanas en las funciones de dichos ecosistemas como base para la planificación ecológica del área.

## Caracterización de la cuenca

La cuenca del río Budi tiene una superficie de 48.494 ha y se ubica entre los 38° 42' y 39° 01' de Latitud Sur, y entre los 73° 04' y 73° 26' de Longitud Oeste. Las comunas

que comparten esta cuenca son: Saavedra, Carahue y Teodoro Schmidt (Figura N° 1).

El clima es de tipo mediterráneo con influencias oceánicas (Di Castri y Hayek, 1976). Respecto a los suelos, estos son bajos de origen fluvio-marino y los altos provienen de material parental metamórfico y granítico del paleozoico con un espeso depósito de arcilla. La cuenca presenta dos unidades geomorfológicas predominantes, la primera corresponde a una plataforma de erosión, que cubre una superficie de 27.261,8 ha (56,3%) y, la segunda, a un cordón montañoso, que abarca 12.076,2 ha (24,5%), con manifiestos procesos de erosión hídrica. También se describen llanuras aluviales, las cuales abarcan 3.666,2 ha (7,6%), sobre las que se concentra la mayor superficie de humedales (Peña-Cortés *et al.*, 2006).

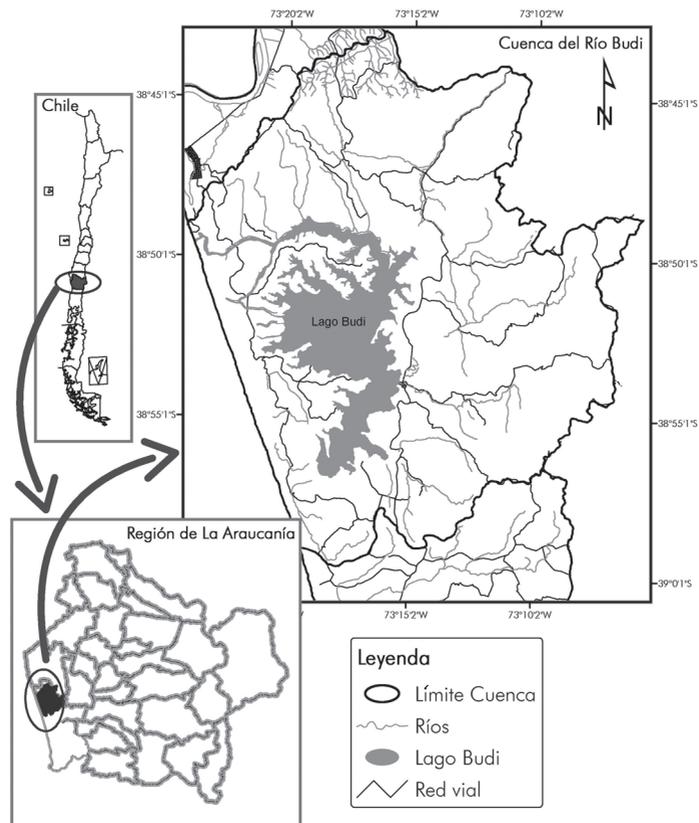
La vegetación asociada a estos humedales es de tipo terrestre y acuática, en estas últimas predominan las macrófitas que soportan salinidad. En cuanto a bosques asociados a humedales, se encuentran en el área pequeños fragmentos de hualves llamados también "pitantos", por lo general bordeando cursos de agua (Hauenstein *et al.*, 2002). Como dato general, hasta hace un par de décadas en esta zona dominaba el bosque pluvial valdiviano, cuyos árboles más destacados eran el coigüe, avellano, olivillo, laurel, además de quilas, calafates y pangues. Existe a su vez, alta concentración de población rural en el área, de la cual el 90% es mapuche, quienes practican un sistema de vida tradicional con agricultura intensiva de cereales que aseguran su sustento, además de practicar la pesca artesanal (Beltrán *et al.*, 1978).

## Metodología

### Clasificación de humedales

La clasificación de humedales se realizó según lo propuesto por Dugan (1992) y Ramírez *et al.* (1982), considerando criterios morfológicos de unidades de paisaje, nivel de salinidad e identificación de sucesiones vegetacionales. Se realizó fotointerpretación de vegetación asociada a humedales y de unidades morfológicas en base a la metodología de Tricart (1985), utilizando fotografías

Figura N° 1  
LOCALIZACIÓN DEL LAGO BUDI



Fuente: Elaboración propia.

aéreas escala 1:20.000 del vuelo SAF-FON-DEF 1994, trabajo de campo y levantamiento cartográfico.

#### *Análisis del Grado de Alteración de Subcuencas. Procesos de Fragilidad y Estabilidad*

La estabilidad se definió considerando los criterios de cobertura vegetal, degradación, presión y tipo de uso de suelo (Cuadro N° 1). La fragilidad por su parte, consideró criterios morfológicos, morfométricos e hidrológicos (Cuadro N° 2). Ambas, se clasificaron en categorías de Máximo, Medio y Mínimo, y su agregación se realizó mediante modelo matricial, generando una carta de

Grados de Alteración de Subcuencas (Cuadro N° 3) en ArcView 3.2.

#### *Análisis del Grado de Alteración de Humedales*

El grado de alteración de humedales fue medido en base a la aplicación de la metodología de Evaluación de Impacto de EULA-CONAMA (1999), modificada para este caso. En primer lugar, se calculó el valor de cumplimiento de las funciones de humedales frente a determinados usos de suelo en base a tres variables: reversibilidad, capacidad del sistema de volver a un estado inicial; probabilidad, ocurrencia de un impacto sobre el humedal; y magnitud, indicador

Cuadro N° 1  
CATEGORÍAS Y VALORACIÓN DE ESTABILIDAD DE SUBCUENCAS

Factores	Estabilidad		
	Mínima	Media	Máxima
Uso de suelo	Residencial, agrícola, chacras y hortalizas pastizales naturales y artificiales	Matorral bajo cerrado Matorral bajo abierto Matorral alto abierto	Plantación de pino o eucalipto Bosque nativo, mixto y renoval Matorral alto cerrado
Cobertura vegetal	<25%	50-25%	>50%
Procesos de erosión	Graves problemas de erosión	Moderados y bajos problemas de erosión	Sin erosión
División predial (Ha)	0,5 – 18	18,1 – 118	> 118

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 2  
CATEGORÍAS Y VALORACIÓN DE FRAGILIDAD DE SUBCUENCAS

Factores	Fragilidad		
	Mínima	Media	Máxima
Forma de la cuenca	Alargada	Ovalada	Redonda
Relieve sobre la respuesta Hidrológica	Convexa	Media	Cóncava
Densidad de drenaje (Km <sup>-1</sup> )	0,0 - 0,19	0,2 - 0,49	0,5 - 1
Geomorfología	Colmatación, llanura aluvial	Cerro isla, plataforma, llanura fluvio-marina	Cordón montañoso, dunas, llanura fluvio-marina A.E.
Serie de suelo	Suelos recientes, w	PSA, PSA + NAH	AX, NAH

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 3  
GRADOS DE ALTERACIÓN DE SUBCUENCAS

F=fragilidad, E=estabilidad, a=alta,  
m=media, b=baja

Alteración de subcuencas		
Alta	Media	Baja
Fa+Em	Fa+Ea	Fm+Ea
Fa+Eb	Fm+Em	Fb+Ea
Fm+Eb	Fb+Eb	Fb+Em

Fuente: Elaboración propia.

que integra intensidad, duración e influencia espacial. El cálculo fue realizado según la siguiente fórmula:

$$VCF = \sum [(R * wR) + (P * wP) + (M * wM)]$$

Donde:

VCF : Valor de cumplimiento de las funciones del humedal

R : Reversibilidad.

wR : Peso del criterio de reversibilidad (0,22).

P : Probabilidad.

wP : Peso del criterio de probabilidad (0,17).

M : Magnitud.

wM : Peso del criterio de magnitud (0,61).

La evaluación de las tres variables fue realizada utilizando matrices de doble entrada, en la cual las filas representaban las funciones de humedales y las columnas a los usos de suelo, a través de un panel multidisciplinario de 11 expertos, compuesto por 5 doctores en ciencias, 2 magíster y 4 licenciados en temas ambientales, cubriendo las disciplinas de geografía, zoología, limnología, botánica, ecología, química ambiental, biología y gestión de los recursos naturales, pertenecientes a las universidades Católica de Temuco, Austral de Chile y de Talca. Quienes calificaron cada cruce función/uso para las distintas variables en una escala categórica de 1 a 10, según lo presentado en el Cuadro N° 4.

$$VEH = \sum_{i=1}^n E_i / N$$

De igual forma, el panel evaluó el valor del estado de cada tipo de humedal, en una escala categórica de 1 a 10, según:

Donde:

VEH : Valor de estado del humedal

$E_i$  : Valor asignado por el evaluador i

N : Número total de evaluadores

**Escala:**

- 1 - 2** El tipo de humedal tiene una mala calidad basal; no es relevante en relación a otros tipos de humedales presentes; se encuentra bien representado en el área de influencia
- 3 - 4** El tipo de humedal tiene una calidad basal aceptable a buena; no es relevante en relación a otros tipos de humedales presentes; se encuentra bien representado en el área de influencia.
- 5 - 6** El tipo de humedal tiene una calidad basal aceptable a buena; tiene cierta relevancia en relación a otros tipos de humedales presentes; se considera abundante.
- 7 - 8** El tipo de humedal tiene una buena calidad basal o por el contrario ya presenta un deterioro moderado; es relevante en relación a otros tipos de humedales presentes; es relativamente escaso.
- 9 - 10** El tipo de humedal tiene una calidad basal óptima o por el contrario muy deteriorada; es relevante en relación a otros tipos de humedales presentes; tiene carácter singular.

Finalmente, los valores de VCF y VEH, fueron ponderados para el cálculo del grado de alteración de los humedales, categorizándolo en alta >60%, media 40-60% y baja 0-40%. Esta categorización se aplicó en forma cartográfica a cada tipo de humedal existente en el área de estudio, de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$GA = VCF * VEH$$

Donde:

GA : Grado de alteración.

VCF : Valor de cumplimiento de funciones de humedales.

VEH : Valor estado del humedal.

Cuadro N° 4  
ANÁLISIS DE VARIABLES DEL GRADO DE ALTERACIÓN DE HUMEDALES

Variable	Valor	Categoría	Variable	Valor	Categoría
Reversibilidad	10	Irreversible Parcialmente reversible Reversible	Magnitud		
	5		<i>Intensidad</i>	0	Bajo cambio
	2			10	Alto cambio
Probabilidad	10	Probabilidad Alta >50% Probabilidad Media 10-50% Probabilidad Baja 1-10%	<i>Extensión o influencia espacial</i>	10	Generalizado
	5			5	Local
	2		<i>Momento</i>	2	Muy local o puntual
			10	5	Largo plazo
			5	2	Mediano plazo
	2		Corto plazo		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 5  
NIVELES DE ANTROPIZACIÓN DE LOS HUMEDALES EXISTENTES EN LA CUENCA DEL RÍO BUDI

Nivel	Rango	Valores de alteración
1	Muy Alto	GASa + GAHa; GASm + GAHa
2	Alto	GASm + GAHm
3	Moderadamente Alto	GASa + GAHm; GASb + GAHaGASa + GAHb
4	Moderadamente Bajo	GASb + GAHmGASm + GAHb
5	Bajo	GASb + GAHb

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

GAS= Grado de Alteración de Subcuencas  
GAH= Grado de Alteración de humedales

a= alto

m= medio

b= bajo.

#### *Nivel de antropización de humedales*

El Nivel de Antropización se evaluó mediante la combinatoria de las categorías obtenidas de los análisis de grado de alteración de subcuencas y del grado de alteración de humedales. Esta se realizó mediante agregación cartográfica a través de un

modelo espacial cuyas valoraciones se presentan en el Cuadro N° 5. Finalmente, se clasificó el nivel de antropización de humedales en 5 niveles: Muy Alto, Alto, Moderadamente Alto, Moderadamente Bajo y Bajo, los cuales quedaron representados cartográficamente como Carta de Niveles de Antropización de humedales.

## Tipos de humedales existentes en la cuenca del río Budi

El Cuadro N° 6 indica el tipo de humedales presentes en el área de estudio, los cuales están condicionados al tipo de vegetación que registran y grado de salinidad. Cubren una superficie de 4.384,8 ha (Figura N° 2).

## Análisis de grado de alteración de subcuencas y grado de alteración de humedales

Se categorizaron 219 subcuencas con un grado de alteración alto (45.121 ha, 98 %), mientras que 47 se encuentran con un grado de alteración media y baja (921 ha), 43 y 4 cuencas respectivamente, asociadas a las riberas del lago, específicamente en los sectores de los esteros Temo y Botapulli (ver Figura N° 3c). Lo anteriormente señalado, se relaciona con los procesos de estabilidad y fragilidad. Las subcuencas de estabilidad baja, cubren una superficie de 29.690 ha (69 %)⁶, y se encuentran distribuidas en toda la cuenca, específicamente en sectores donde existe una mayor intensidad de la actividad agrícola (Figura N° 3a). Por otro lado, la alta estabilidad cubre una superficie de 7.182 ha (13 %), las cuales se concentran en las áreas de mayor cobertura vegetal, co-

rresponden a los sectores más altos de la cuenca, en especial, a los esteros Comue y Bolleco (Figura N° 3a). En cuanto a la fragilidad de cada subcuenca, la alta fragilidad cubre una superficie de 24.664 ha (54 %), estas áreas se concentran al norte y sur de la cuenca (Figura N° 3b). Las áreas de fragilidad media, cubren una superficie de 17.854 ha (39 %), ubicándose al este y oeste del lago, asociadas a los grandes esteros como el sector de Deume, esteros Budi Chico, Temo, Comue, Allipén, Botapulli, río Budi e Isla Huapi (Figura N° 3b). Por otra parte, asociadas a las riberas del lago Budi, se concentran las áreas de baja fragilidad, abarcando una superficie de 3.525 ha (8 %), (Figura N° 3b).

Según lo evaluado, las actividades que presentan una mayor incidencia en la alteración de las funciones de humedales son las agrícolas, forestales y de tala. Mientras que, entre los humedales que presentan una mayor susceptibilidad a ser alterados, se encuentran los de tipo ribereño con vegetación boscosa. En este contexto, los humedales que presentan un alto grado de alteración cubren una superficie de 1.689 ha (61 %), y se asocia a los humedales de tipo ribereño con y sin vegetación boscosa y a los humedales estuarinos que se encuentran asociados a sectores de una fuerte presión de uso agrícola y alta división predial. Los humedales de tipo palustre presentaron distintos

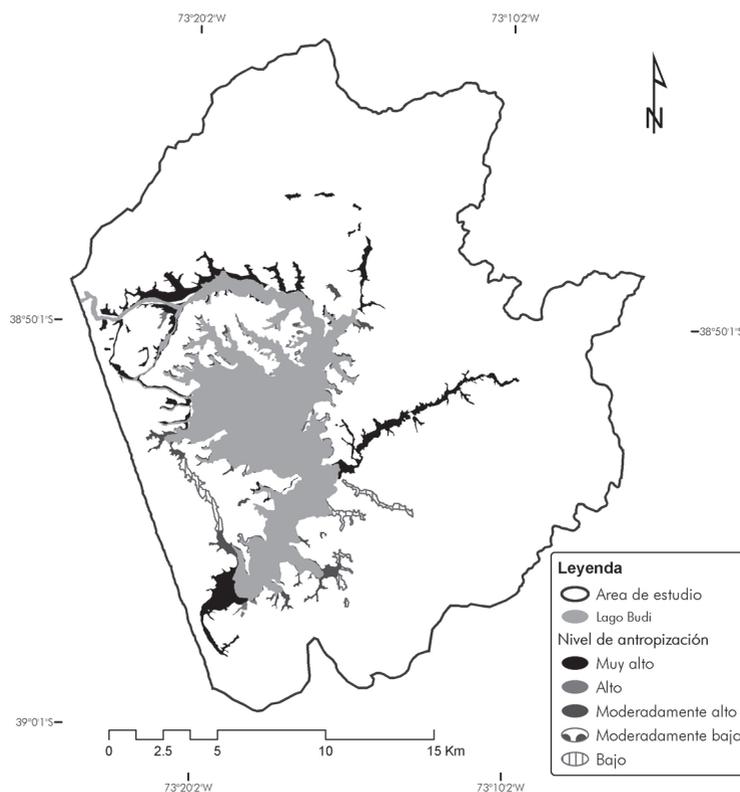
Cuadro N° 6  
CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES EXISTENTES EN LA CUENCA LAGO BUDI

Tipo de Humedal. Unidades de Paisaje	Salinidad g/l de sal	Tipo Vegetación
Marisma	1– 30 mesohalino	Emergente
Estuarino	1– 30 mesohalino	Emergente
Ribereños	< 1, hipohalino	Emergente
Ribereños	< 1, hipohalino	Boscosa
Palustre	< 1, hipohalino	Emergente
Palustre	< 1, hipohalino	Boscosa

Fuente: Ramírez *et al.* (1982)

<sup>6</sup> Para el cálculo de superficie se excluye la franja litoral.

Figura N° 2  
TIPOS DE HUMEDALES EN LA CUENCA DEL RÍO BUDI



Fuente: Elaboración propia.

grados de alteración dependiendo del lugar donde se ubican y del uso de suelo que se concentre en el lugar (Figura N° 3d).

#### *Nivel de antropización de los humedales*

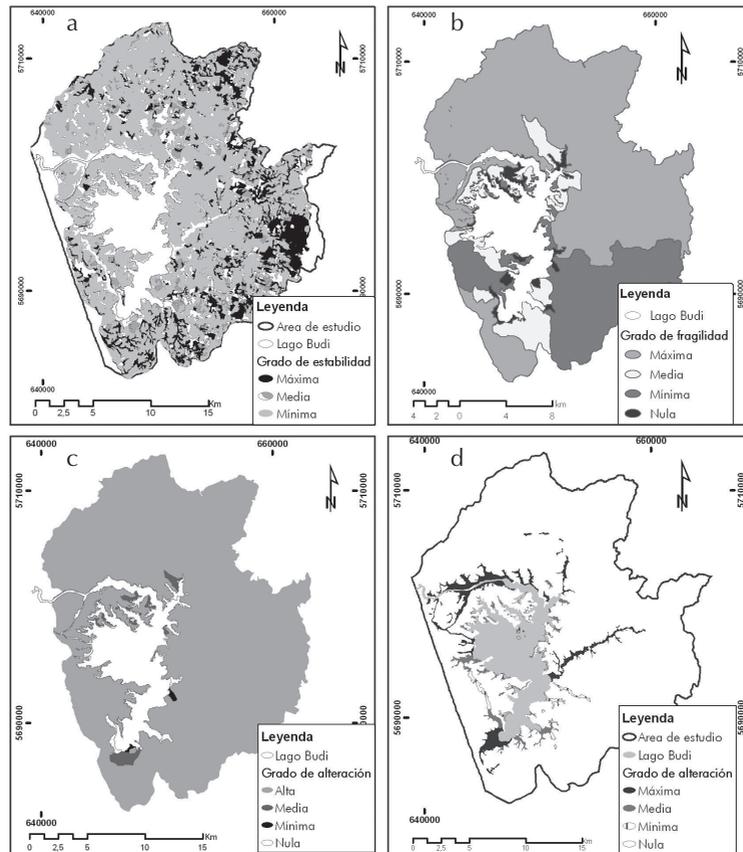
Un total de 1.714 ha (61% de la superficie total de los humedales) presentan un nivel "Muy Alto" de antropización. Corresponden a humedales estuarinos, ribereños con vegetación boscosa y emergente, y palustres con vegetación emergente, se emplazan en el sector norte de la cuenca (Figura N° 4), donde se ubican las mayores superficies dedicadas a la actividad agrícola y con los mayores problemas de erosión. Los humedales que presentan un nivel "Bajo" de antropización, cubren una superficie de 378 ha (14 % del total de la superficie de humedales) y

corresponden a humedales de marisma, palustres y ribereños con vegetación emergente, estos se concentran en el sector sur de la cuenca (Figura N° 4), específicamente en los sectores de Isla Huapi, esteros Bolleco y Allipén, y algunos ubicados en las orillas del lago Budi. Aquí se registra mayor cobertura vegetal y un uso predominantemente ganadero.

## Discusión

La cuenca como sistema independiente, está sometida a los efectos del manejo que el hombre realiza en ella, y que pueden causar desequilibrios que determinan grados diferenciales de alteración, determinados por la relación entre los patrones históricos de asentamiento y las condiciones de estabilidad y fragilidad. Esta relación de carácter

Figura N° 3  
GRADO DE ALTERACIÓN DE LAS SUBCUENCAS Y HUMEDALES



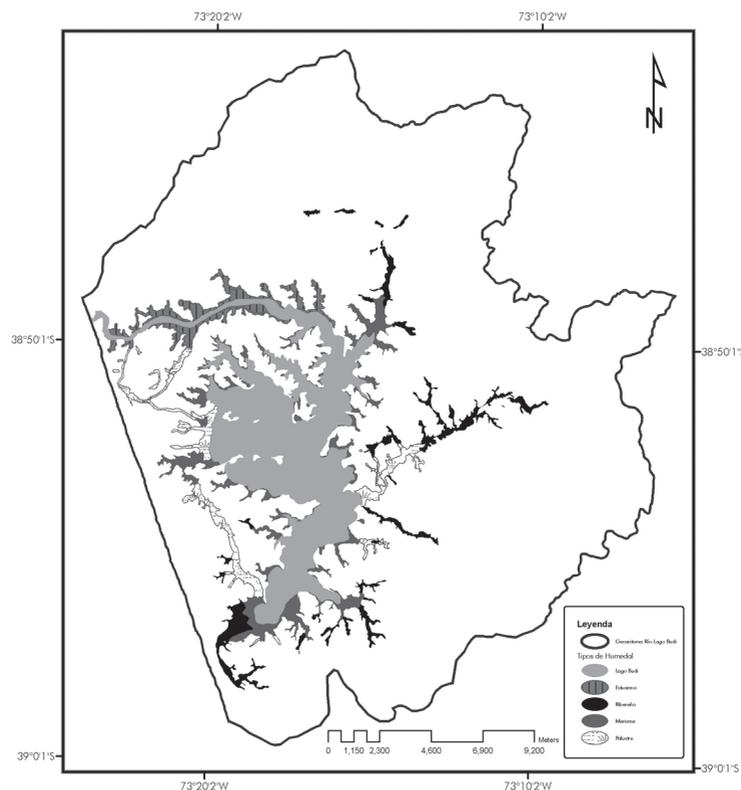
- a: Estabilidad de la cuenca del río Budi.  
b: Fragilidad  
c: Grado de alteración de subcuencas  
d: Grado de alteración de humedales según sus funciones

Fuente: Elaboración propia.

espacio-temporal entre sociedad y medio ambiente, origina cambios que se reflejan a nivel del mosaico paisajístico (Bürgi & Russell, 2001), siendo necesaria la identificación de sus efectos en las condiciones ecológicas de manera espacialmente explícita, para la protección y restauración ambiental de cuencas (Bruce *et al.*, 2001). La dinámica agrícola y los cambios en el uso del suelo asociados, determinan variaciones en los patrones paisajísticos y en la disponibilidad de hábitat en paisajes rurales, provocando un aumento en el alcance y complejidad de los problemas ecológicos, afectando el ba-

lance natural del paisaje. La intensificación de la agricultura conlleva simplificación de los patrones espaciales del paisaje por el aumento de los cultivos, eliminación de elementos lineales y aislamiento de hábitat, favorece la erosión del suelo y el aumento de las concentraciones de pesticidas y minerales en las cuencas de escorrentía que alteran las cargas de sedimento y nutrientes en ríos y cuerpos de agua, como pérdida de fertilidad del suelo (Baessler & Klotz, 2006; Lambin *et al.*, 2003). En el caso de la cuenca del Budi, es claro que la presión de uso por concentración de población rural y las téc-

Figura N° 4  
NIVEL DE ANTROPIZACIÓN DE LOS HUMEDALES DE LA CUENCA DEL RÍO BUDI



Fuente: Elaboración propia.

nicas productivas aplicadas ha ocasionado un aumento de procesos erosivos y sedimentación, expansión de la superficie de humedales ribereños y pérdida del cuerpo de agua, lo que ha alterado la composición del paisaje (Peña-Cortés *et al.*, 2006).

El nivel de alteración de las subcuencas otorgado por esta relación entre elementos naturales y antrópicos, está condicionado por los procesos de estabilidad y fragilidad. El grado de susceptibilidad de la cuenca a la degradación o fragilidad, está condicionado por las variables relacionadas a la morfometría y morfología de la cuenca. Los sectores con una mayor densidad de drenaje, cordones montañosos y en suelos con mal drenaje, son de mayor fragilidad. Estas condiciones pueden ser determinantes en los procesos de arrastre de material, en la circu-

lación de agua y anegamiento en sectores de la cuenca (Johnston *et al.*, 2001). Por su parte, para la estabilidad, la cobertura vegetal es un factor fundamental en lo que respecta a la contención del arrastre de material de las cuencas, estudios realizados por Oyarzún *et al.* (1997) indican que los coeficientes de exportación de nitrógeno y fósforo fueron menores en las cuencas con bosque nativo y praderas-renovales, que en aquellas dedicadas a praderas ganaderas y praderas de agricultura limitada. El uso de suelo y su incidencia en la estabilidad de la cuenca, se puede relacionar con las características del relieve del área, la cual presenta pendientes pronunciadas ( $>12^\circ$ ), que según (FAO, 2002), potencian los procesos de escurrimiento, arrastre de partículas de suelo y nutrientes producidos por el agua. A nivel nacional, la deforestación de las cuencas ha

producido alrededor de los Lagos Araucanos un gran aumento del aporte hidrológico de nutrientes, siendo este proceso la principal causa de eutrofización de muchos lagos (Armesto, 1996).

En general, los usos de suelo, y en particular el reemplazo de bosques por agricultura tiene fuertes influencias en los flujos de nutrientes hacia los cuerpos de agua (Oyarzún & Huber, 2003). Al respecto, es importante señalar que el 51% de la superficie del área de estudio tiene uso agrícola de tipo rotación de cultivos de subsistencia con inadecuadas técnicas de manejo, lo que afecta directamente a los humedales, los cuales presentan 1.689 ha (61% de la superficie total de humedales) con un alto grado de alteración. White *et al.* (2002) compara el control de sedimento y la pérdida de humedales del Golfo de Texas, determinando que a causa del arrastre de sedimentos y su acumulación en la parte inferior de la cuenca, provoca la degradación de estos ambientes biológicamente productivos. Es así, como es posible constatar que el uso de suelo y la cobertura vegetal y el desarrollo de actividades agrícolas con inadecuadas técnicas de manejo, así como actividades forestales específicamente en las etapas de tala, inciden en el funcionamiento de los humedales. En este contexto, la mayor población de la cuenca corresponde a población mapuche-lafkenche, quienes en pequeños terrenos realizan cultivos en forma permanente y con técnicas tradicionales predominando en el conjunto una alta división predial y un intenso uso agrícola (Peña-Cortés *et al.*, 2004).

La cuenca del río Budi alberga una gran cantidad de superficie de humedales, lo que según Donoso (1997) se debería a la geomorfología y clima del área, siendo estos factores los que potencian el almacenamiento de agua en unidades de llanuras fluviales, aluviales y paleocauces. Se identificaron cuatro tipos de ambientes húmedos: marisma, estuarino, palustre y ribereño, los cuales cubren una superficie de 2.807 ha, equivalentes al 24,7% de los humedales del borde costero de la IX Región. Una característica en los humedales de la cuenca es la proliferación de macrófitas, las cuales aumentan debido al sedimento que proviene desde los afluentes, convirtiéndose en áreas

de refugio, crianza y reproducción para la fauna, siendo hábitat de alta diversidad y zonas de transición ecológica (Lefeuvre *et al.*, 2003). La baja presencia de vegetación boscosa en estos humedales se debe principalmente al cambio drástico de uso de suelo que ha tenido la superficie original (sin intervención) del área de estudio, en la cual se identifican humedales boscosos de agua dulce, abundantes en los sectores de Mahuidanche y noreste de Toltén (Hauenstein *et al.*, 2002, Peña-Cortés *et al.*, 2006) ubicados al sur del área de estudio.

De estos humedales, una superficie de 1.714 ha (61% del total) corresponde al máximo (muy alto) nivel de antropización, concentrados en el sector norte caracterizado por un alto predominio de la actividad agrícola tradicional. Por el contrario, los humedales que presentan un nivel "Bajo" de antropización, se encuentran en subcuencas que tienen una mayor cobertura vegetal. Al respecto, Vought *et al.* (1994) señala que los distintos niveles de alteración de humedales son producto de los impactos antrópicos, siendo el reemplazo de la vegetación nativa por suelos agrícolas la principal fuente. Al respecto, Peña-Cortés & Mardones (1999) señala que la alteración de la cuenca producto de la actividad agrícola incide en el estado de sus cursos de agua, por ende tendrían implicancia en el grado de alteración de humedales, ya que estos actúan como cuerpos receptores. Por lo anterior, el incumplimiento de las funciones de humedales en la cuenca del río Budi refleja la alteración de estos sistemas, las cuales se pueden manifestar como procesos de eutrofización, niveles de intervención antropogénica, entre otros.

Este estudio permitió clasificar de manera uniforme los tipos de humedales existentes en el área, los cuales cubren 5,6% de la superficie total de la cuenca, reconociéndolos como unidades funcionales, y en los cuales es posible realizar inventarios como insumo para su posterior planificación ecológica. Al respecto, en los países en vías de desarrollo, la economía rural y el bienestar de los miembros de la comunidad dependen aún más estrechamente de los recursos que proporcionan los humedales, aunque a veces esto no sea apreciado por las personas

que forman parte de esta comunidad. Por lo tanto, las consecuencias de la pérdida de los humedales son esencialmente más severas en este tipo de países (UICN, 2003).

En el marco actual del manejo y conservación de recursos naturales, se ha desarrollado fuertemente el enfoque interdisciplinario, en el cual la ecología del paisaje tiene cabida amplia. Los procesos de planificación del territorio buscan articular el sistema territorial de tal manera de lograr la sostenibilidad ambiental, en su desarrollo pondrán los conflictos territoriales y buscan la maximización de la relación productividad-conservación (Musacchio & Coulson, 2001), estos procesos se fundamentan en la multidimensionalidad del sistema territorial y consideran al paisaje como el indicador ambiental por excelencia.

Finalmente, la planificación ecológica busca la manera de optimizar la relación entre oferta territorial, los servicios ambientales y las características de la demanda local que son de carácter social, cultural y económico, convirtiéndose así, en una herramienta indispensable para describir, valorar y tomar decisiones, como también para la generación y el desarrollo de cuentas ambientales y del patrimonio natural. En este contexto, el trabajo desarrollado, al incorporar la cuenca, unidad estructural y funcional de un sistema territorial, permite aproximarse hacia los efectos de los patrones de uso en los sistemas receptores siendo un elemento significativo para una posterior planificación ecológica y conservación de los humedales del área.

## Conclusiones

El 98 % de la superficie total de la cuenca presenta altos grados de alteración, por la fragilidad e inestabilidad de las subcuencas, que están determinadas por las características morfológicas, morfométricas y patrones de uso y cobertura de suelo.

El 61 % del total de los humedales presenta alto grado de alteración con respecto al cumplimiento de sus funciones, causado por el impacto que genera el patrón de uso de suelos agrícolas con técnicas tradiciona-

les, siendo los humedales más susceptibles a alteración los de tipo ribereño con vegetación boscosa.

A su vez, 61 % de la superficie total de humedales presenta altos niveles de antropización, según los análisis de alteración de cuencas y humedales, siendo los más impactados los de tipo estuarino y ribereño con vegetación boscosa, caracterizados por una mayor fragilidad y degradación producto de la presión de uso de suelo y presencia de actividad agrícola con técnicas tradicionales.

La metodología utilizada es una herramienta integradora para medir el nivel de antropización de humedales, considerando variables morfológicas, morfométricas, de uso de suelo, cobertura vegetal y tipo de suelo, que inciden en las funciones de humedales. Permitiendo analizar la relación entre la alteración que presentan los humedales y las actividades desarrolladas en las subcuencas como base para procesos de planificación territorial.

## Referencias bibliográficas

ARMESTO, J.; VILLAGRÁN, C. y ARROYO, M. *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Santiago: Editorial Universitaria, 1996.

BAESSLER, C. & KLOTZ, S. Effects of changes in agricultural land use on landscape structure and arable weed vegetation in the last 50 years. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2006, N° 115, p. 43-50.

BELTRÁN, J.; GALLEGOS, L.; MALDONADO, M. y PINO, E. *Geografía del litoral entre Boca Budi y Lobería*. Santiago: Universidad de Chile, 1978.

BODINI, A.; RICCI, A. & VIAROLI, P. A multimethodological approach for the sustainable management for perfluvial wetlands of the Po river (Italy). *Environmental Management*, 2000, N° 26, p. 59-72.

BRINSON, M. A hydrogeomorphic classification for wetlands. Technical Report WRP-DE-4. Washington, DC.: *US Army Corps of Engineers*, 1993.

BROWN, P. & LANT, C. The Effect of Wetland Mitigation Banking on the Achievement of No-Net-Loss. *Environmental Management*, 1999, N° 23, p. 333-345.

BRUCE, J.; NEALE, A.; WADE, T.; WICKHAM, J.; CROSS, C.; EDMONDS, C.; LOVELAND, T.; NASH, M.; RIITERS, K. & SMITH, E. The Consequences of Landscape Change on Ecological Resources: An Assessment of the United States Mid-Atlantic Region, 1973-1993. *Ecosystem Health*, 2001, Vol. 7, N° 4, p. 229-242.

BUREL, F. y BAUDRY, J. *Ecología del Paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2002.

BURGI, M. & RUSSELL, E. Integrative methods to study landscape changes. *Land Use Policy*, 2001, N° 18, p. 9-16.

BUSTAMANTE, R. y GREZ, A. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo*, 1995, N° 11, p. 58-63.

CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES (EULA) & COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA). *Orientación para la evaluación de impactos ambientales: Industria de la madera*. Concepción, 1999.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA). *Estrategia Regional de Conservación y uso sustentable de la Biodiversidad*. Región de La Araucanía, 2002.

COWARDIN, L.; CARTER, V.; GOLET, F. & LAROE, E. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. Washington, D.C.: *US. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-79/31*, 1979.

DAVIS, T.; BLASCO, D. y CARBONELL, M. *Manual de la Convención Ramsar. Una guía para la convención sobre los humedales de importancia internacional*. Gland: Oficina de la Convención Ramsar, 1996.

DE SANTO, T.; WILLSON, M.; SIEVING, K. & ARMESTO, J. Nesting biology of Tapacubos (Rhinocryptidae) in fragmented south-temperate rainforest of Chile. *CONDOR*, 2002, Vol. 104, N° 3, p. 482-495.

DI CASTRI, F. y HAJEK, E. *Bioclimatología de Chile*. Santiago: Universidad Católica de Chile, 1976.

DONOSO, C. *Ecología forestal*. Santiago: Editorial Universitaria, 1997.

DUGAN, D. *Conservación de Humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. Gland: UICN, 1992.

DOUROJEANNI, A. y JOURAVLEV, A. *Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua*. Santiago: CEPAL, 2001.

ESTADES, C. & TEMPLE, S. Deciduous - forest bird communities in a fragmented landscape dominated by exotic pines plantations. *Ecological Applications*, 1999, Vol. 9, N° 2, p. 573-585.

ESTADES, C. The effect of breeding - habitat patch size on bird population density. *Landscape Ecology*, 2001, N° 16, p. 161-173.

FAHRIG, L. & GREZ, A. Population spatial structure, human-caused landscape change and species survival. *Revista Chilena de Historia Natural*, 1996, N° 69, p. 5-13.

FORMAN, R. & GODRON, M. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley and Sons, 1986.

FORMAN, R. *Land Mosaics*. New York: Cambridge University Press, 1995.

FUENTES, E. & HAJEK, E. Patterns of landscape modification in relation to agricultural practice in central Chile. *Environmental Conservation*, 1979, Vol. 6, N° 4, p. 265-271.

FUENTES, E. y PRENAFETA, S. *Ecología del Paisaje en Chile central: Estudios sobre sus espacios montañosos*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 1988.

FUENTES, E.; AVILES, R. & SEGURA, A. Landscape change under indirect effects of human use: the savanna of central Chile. *Landscape Ecology*, 1989, Vol. 2, N° 2, p. 73-80.

FUENTES, E. Landscape change in Mediterranean-type habitats of Chile: patterns and processes. In: ZONNEVELD, I. & FOR-

MAN, R. (Ed.). *Changings landscapes: an ecological perspective*. New York: Springer-Verlag, 1990, p. 165-190.

FUENTES, E.; AVILES, R. & SEGURA, A. The natural vegetation of heavily man-transforms landscape: the savanna of central Chile. *Interciencia*, 1990, N° 15, p. 293-295.

FUENTES, E. *¿Qué futuro tienen nuestros bosques? Hacia una gestión sustentable del paisaje del centro y sur de Chile*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 1994.

GANTZ, A. y RAU, J. Relación entre el tamaño mínimo de fragmentos boscosos y su riqueza de especies de aves en el sur de Chile. *Anuario del Museo de Historia Natural de Valparaíso*, 1999, N° 24, p. 85-90.

GONZÁLEZ-ALONSO, S. *Planificación física y ecología. Modelos y Métodos*. Madrid: EMESA, 1979.

GREZ, A.; BUSTAMANTE, R.; SIMONETTI, J. & FAHRIG, L. Landscape ecology, deforestation, and forest fragmentation: the case of the Ruil forest in Chile. In: SALINAS, E. & MIDDLETON, J. *La ecología del paisaje como base para el desarrollo sustentable en América Latina*. 1998. Disponible en Internet: <http://www.brocku.ca/epi/lebk/lebk.html>

HAUENSTEIN, E.; GONZÁLEZ, M.; PEÑA, F. y MUÑOZ A. Clasificación y caracterización florístico-vegetacional de los humedales de la costa de Toltén (IX Región, Chile). *Revista Gayana Botánica*, 2002, N° 59, p. 87-100.

HILLS, J. *Developing a Better Environment*. Toronto: Ontario Economic Council, 1970.

HRUBY, T. Assesments wetland functions: What they are and what they are not. *Environmental Management*, 1999, Vol. 23, N° 1, p. 75.

HRUBY, T. Testing the basic assumption of the hydrogeomorphic approach to assesing wetland functions. *Environmental Management*, 2001, Vol. 14, N° 14, p. 2405-2422.

JAQUE, E. *Análisis integrado de los sistemas naturales de la cuenca del río Andalién: Bases para la planificación ecológica del territorio de la cuenca*. Concepción: Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, 1996.

JOHNS, H. *Environmental Quality Evaluation and Impact Analysis Methodology*. Manitoba: Center for Settlement Studies - Universidad de Manitoba, 1973.

JOHNSTON, C.; BRIDGHAM, S. & SCHUBAUER-BERIGAN, J. Nutrient Dynamics in Relation to Geomorphology of Riverine Wetlands. *Soil Science Society of America Journal*, 2001, Vol. 65, N° 2, p. 557-577.

KELT, D. Differential effects of habitat fragmentation on birds and mammals in Valdivian temperate rainforests. *Revista Chilena de Historia Natural*, 2001, Vol. 74, N° 4, p. 769-777.

LAMBIN, E.; GEIST, H. & LEPERS, E. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 2003, N° 28, p. 205-241.

LEFEUVRE, J.; LAFFAILLE, P.; FEUNTEUN E.; BOUCHARD, V. & RADUREAU, A. Biodiversity in salt marshes: from patrimonial value to ecosystem functioning. The case study of the Mont-Saint-Michel bay. *C. R. Biologies*, 2003, N° 326, p.125-131.

LEWIS, H. Quality Corridors for Wisconsin. *Landscape Architecture Quarterly*, 1964, p. 100-107.

LYNCH, K. Ou L'approche Conceptuelle Trois Apprales Americaines. *Urbanismo*, 1975, N° 129, p.11-14.

MARDONES, M.; RODRÍGUEZ, A. y BARRIENTOS, C. *Planificación Ecológica en los Valles de Icalma y Rucanuco: Proposición de un método. Monografías científicas*. Concepción: Centro EULA - Universidad de Concepción, 1993.

MC HARG, L. *Desing with nature*. Nueva York: Natural History Press, 1969.

MC HARG, L. *Composer Avec Nature*. Paris: I.A.U.R.I.F., 1980.

MONTALVO, T. El agua factor de desarrollo Valenciano. En: *Análisis de las características hidráulicas y agronómicas de las instalaciones de riego en la Comunidad Valenciana*. Valencia: residencia de la generalitat de Valencia, 1988, p. 39-56.

MUÑOZ-PEDREROS, A.; MONCADA, J. y LARRAIN, A. Variación de la percepción del recurso paisaje en el sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 2000, Vol. 73, N° 4, p. 681-690.

MUSACCHIO, L. & COULSON, R. Landscape Ecological Planning Process for Wetland, Waderfowl, and Farmland Conservation. *Landscape and Urban Planning*, 2001, N° 57, p. 125-147.

OMERNIK, J. & BAILEY, R. Distinguishing between watersheds and ecoregions. *Journal of American Water Resources Association*, 1997, N° 33, p. 935-949.

OYARZÚN, C.; CAMPOS, H. y HUBER, A. Exportación de nutrientes en microcuencas con distinto uso de suelo en el sur de Chile (Lago Rupanco, X Región). *Revista Chilena de Historia Natural*, 1997, N° 70, p. 507-519.

OYARZÚN, C. & HUBER, A. Nitrogen export from forested and agricultural watersheds of southern Chile. *Gayana Botánica*, 2003, N° 60, p. 63-68.

PAPCHENKOV, V. On wetlands and their classification: An example from the Middle Volga region. *Russian Journal of Ecology*, 1999, Vol. 30, N° 2, p. 107-110.

PEÑA-CORTÉS, F.; HAUENSTEIN, E.; DURÁN, T.; BERTRAND, C.; SCHLATTER, R. y TAPIA, J. *Análisis integrado del Borde Costero de la IX Región. Propuestas y criterios para la planificación ecológica de sus humedales*. Temuco: Proyecto FONDECYT 1030861, Informe de avance primer año, 2004.

PEÑA-CORTÉS, F.; HAUENSTEIN, E.; DURÁN, T.; BERTRAND, C.; SCHLATTER, R. y TAPIA, J. *Análisis integrado del Borde Cos-*

*tero de la IX Región. Propuestas y criterios para la planificación ecológica de sus humedales*. Temuco: Proyecto FONDECYT 1030861, Informe Final, 2006.

PEÑA-CORTÉS, F. y MARDONES, M. Planificación ecológica del curso inferior del río Itata. VIII Región Chile. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 1999, N° 44, p. 45-62.

RAMÍREZ, C.; GODOY, R.; CONTRERAS, D. y STEGMAIER E. *Guía de plantas acuáticas y palustres valdivianas*. Valdivia: Facultad de Ciencias - Universidad Austral de Chile, 1982.

RAMOS, A. y AYUSO, E. El medio ambiente. Un esquema metodológico para áreas naturales. *Boletín de la Estación Central de Ecología*, 1974, N° 36, p. 19-25.

RAU, J.; GANTZ, A. y TORRES, G. Estudio de la forma de fragmentos boscosos sobre la riqueza de especies de aves al interior y exterior de áreas silvestres protegidas. *Revista Gestión Ambiental*, 2000, N° 6, p. 33-44.

RAU, J. y GANTZ, A. Fragmentación del bosque nativo del sur de Chile: efectos del área y la forma sobre la biodiversidad de aves. *Boletín Sociedad Biológica de Concepción*, 2001, N° 72, p. 109 -119.

SHAFFER, P.; KENTULA, M. & GWIN, S. Characterization of wetland hydrology using hydrogeomorphic classification. *Wetlands*, 1999, Vol. 19, N° 3, p. 490.

SIEVING, K.; WILSON, M. & DE SANTO, T. Habitat barriers of understory birds in fragmented south – temperate rainforest. *The Auk*, 1996, Vol. 113, N° 4, p. 944-949.

STEINITZ, C. The Congruence of Urban Form and Activity. *Journal of the American Institute of Planners*, 1968.

TARLET, J. *La Planification Ecologique. Méthodes et techniques*. Paris: Economica, 1985.

TORREJÓN, F. y CISTERNAS, M. Alteraciones del paisaje ecológico araucano por la

asimilación mapuche de la agroganadería hispano-mediterránea (siglos XVI y XVII). *Revista Chilena de Historia Natural*, 2002, Vol. 75, N° 4, p. 729-736

TORREJÓN, F.; CISTERNAS, M. y ARANEDA, A. Efectos ambientales de la colonización española desde el río Maullín al archipiélago de Chiloé, sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 2004, N° 77, p. 661-677.

TRICART, J. *El análisis de sistemas y el estudio integrado del medio natural*, 1982, p. 470-484

TURNER, M.; O'NEILL, R.; GARDNER, R. & MILNE, B. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1989, Vol. 3, N° 3/4, p. 153-162.

TURNER, M. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 1990, Vol. 4, N° 1, p. 21-30.

VOUGHT, L.; DAHL, J.; LAUGE, C. & LACOURSIERE, J. Nutrient retention in riparian ecotones. *Ambio*, 1994, N° 23, p. 342-348.

WHITE, W.; MORTON, R. & HOLMES, C. A comparison of factors controlling sedimentation rates wetland loss in fluvial deltaic system, Texas Gulf coast. *Geomorphology*, 2002, N° 44, p. 47-66.

WILLSON, M.; MORRISON, J.; SIEVING, K.; DE SANTO, T.; SANTISTEBAN, L. & DÍAZ, I. Patterns of predation risk and survival of bird nests in Chilean agricultural landscape. *Conservation Biology*, 2001, Vol. 15, N° 2, p. 447-456.

ZONNEVELD, I. & FORMAN, T. *Changing landscapes: An ecological perspective*. New York: Springer-Verlag, 1990.

ZÚÑIGA, I. *La Cuenca Hidrográfica: Hacia un concepto Integral*. 2004. Disponible en Internet: <http://www.ing-agronomos.or.cr/documents/LaCuencaHidrografica>.

