

# Estructura del paisaje a lo largo de gradientes urbano-rurales en la cuenca del río Aisén (Región de Aisén, Chile)

## Landscape structure along urban-rural gradients: Aisén river watershed (Aisén region, Chile)

MARCELA TORRES-GÓMEZ<sup>1,\*</sup>, LUISA E. DELGADO<sup>1</sup>, VÍCTOR H. MARÍN<sup>1</sup> & RAMIRO O. BUSTAMANTE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Modelación Ecológica, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Casilla 653, Santiago, Chile

<sup>2</sup> Instituto de Ecología & Biodiversidad, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile

\*e-mail para correspondencia: marcatorres@gmail.com

### RESUMEN

Los cambios en la estructura del paisaje generalmente están asociados a factores físicos, biológicos y sociales. Sin embargo, su análisis integrado es poco frecuente. El objetivo de este estudio fue determinar los patrones de distribución de los parches de vegetación nativa y del nivel de intervención humana en la cuenca del río Aisén, para establecer si la posición a lo largo de gradientes urbano-rurales tiene alguna relación con estos patrones del paisaje. Para ello se analizaron unidades a lo largo de gradientes en forma multidireccional, considerando como centro urbano la ciudad de Coihaique. Los resultados muestran que no se puede establecer una disposición en gradiente de la cobertura de vegetación nativa desde la zona urbana a la zona rural en los transectos analizados. Sin embargo, hay una correlación negativa entre el nivel de intervención y el área promedio de los parches. Además, se observa que la distribución de los diferentes usos del suelo y las coberturas del paisaje están fuertemente influenciadas por la topografía de las unidades. En base a esto, y considerando que actualmente existe una serie de políticas para el uso y manejo del territorio, no es posible usar el concepto de gradiente urbano-rural como paradigma único para estudiar la estructura del paisaje, como lo han propuesto otros autores.

**Palabras clave:** gradiente urbano-rural, paisaje, intervención humana, Índice de Hemerobia, Aisén.

### ABSTRACT

Changes in landscape structure are generally associated to physical, biological and social factors. However, their integrated analysis is rarely done. The objective of this study was to determine the distribution patterns of native vegetation patches and the level of human intervention within the Aisén watershed. The main aim was to establish if the position within urban-rural gradients have some relation with the above patterns. Vegetation units were analyzed in multiple directions considering the city of Coihaique as the main urban center. Results show that the proximity to the city is not correlated with the decrease of areas covered by native vegetation, as well as with a greater level of intervention. However, we found a negative correlation between the level of intervention and the mean patch size. Furthermore, the distribution of land use/land cover patches is strongly influenced by the slope. On the other hand, considering the local socioeconomic context and the current policies about the use of the territory and its management, it is not possible to use the urban-rural gradient concept as a paradigm that may serve as unique to study the structure of the landscape as proposed by other authors.

**Key words:** urban-rural gradient, landscape structure, intervention level, Hemeroby Index, Aisén watershed.

### INTRODUCCIÓN

El paisaje y los ecosistemas se pueden considerar como entidades físicas, ecológicas y sociales (Delgado & Marín 2005). Ello, pues la intervención del hombre ha generado nuevas

funciones, modificando los ecosistemas naturales preexistentes (e.g., bosques, praderas), y creando mosaicos estrechamente relacionados con las prácticas culturales y de desarrollo económico de una zona o región (Naveh 1987). En la actualidad el estudio del

paisaje se reconoce como una ciencia transdisciplinaria donde las diferentes aproximaciones se integran desde una perspectiva holista (Bastian 2001, Naveh 2001). Una forma de estudiar el efecto del componente social sobre la configuración del paisaje, es el concepto de gradiente urbano-rural (McDonnell & Pickett 1990). Este se define como la disminución del proceso de urbanización desde la zona urbana a la zona rural generando así un gradiente espacial de influencia humana (Medley et al. 1995). En él se refleja la existencia de elementos urbanísticos (e.g., industrias, caminos), los cuales son considerados como los principales factores que irrumpen en el mosaico de uso del suelo (Medley et al. 1995, Martínez 2004). Sin embargo, la complejidad de este tipo de zonas de transición (sensu Yarrow & Marín 2007) no solo está dada por las presiones por el uso del suelo, sino también por los factores físicos que los afectan. Por otro lado, la forma en que las presiones humanas afectan un paisaje depende de la historia de colonización y cultura de las sociedades humanas, de las líneas de desarrollo establecidas y de las políticas y planes de uso y manejo del territorio (Caldwell 1990, Naveh & Carmel 2002). En base a esto, ya no es posible considerar un solo factor (como la urbanización) para entender la distribución de los diferentes usos/coberturas de la tierra (Martínez 2004), sino más bien visualizarlo como el resultado de la interacción de una multiplicidad de factores, bióticos, abióticos y sociales.

Steinhardt et al. (1999) proponen el Índice de Hemerobia (IH) para estudiar de forma integrada las diversas intervenciones humanas sobre los ecosistemas (e.g. usos de la tierra y transformaciones). Este índice permite cuantificar el nivel de intervención en base a los diferentes tipos de uso del suelo que existen en el lugar. El objetivo de este trabajo fue analizar la estructura de los parches de vegetación nativa en la cuenca del río Aisén por medio del IH y establecer si la pérdida de vegetación se relaciona con su ubicación en el gradiente urbano-rural.

#### Área de estudio

La cuenca del río Aisén está ubicada en la Región de Aisén, Chile (Fig. 1). Su zona más alta alcanza los 2.227 m con una pendiente

promedio de 32 %. La parte oeste de la cuenca es cruzada por la cordillera de los Andes y es donde se encuentran las mayores alturas y pendientes más abruptas; la vegetación típica de esta zona es el bosque templado de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser). En cambio, en la parte este existen amplios valles y pendientes más suaves, zona en que aparece la estepa patagónica (Delgado & Yarrow 2005). La zona oeste es la que sufrió una fuerte presión en el proceso de colonización desarrollado desde fines del siglo XIX hasta mediados del siglo XX. En ese período, cerca del 60 % de la superficie de bosque original fue quemada para transformarla en terrenos de pastoreo que actualmente representan el sustento para la producción ganadera de la región (SERPLAC 2005). Una de las primeras medidas tomadas para evitar la fuerte erosión del suelo fue la reforestación con diferentes especies de *Pinus*, actividad que se ha convertido en un importante recurso económico en la región. Adicionalmente, desde 1938, se han declarado varias zonas de protección del bosque nativo, que comprenden cerca de un 39 % de la región (Ortega & Brüning 2004, De Miguel et al. 2005).

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se utilizó la base de datos del catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile (proyecto CONAF-CONAMA 1999). Este constituye el único marco de referencia de datos disponibles sobre bosque nativo y tipos de uso de suelo hasta la fecha, por lo tanto para corroborar que no existen grandes diferencias con la estructura actual del paisaje, el año 2005 se realizó una validación en terreno de la información, verificando el tipo de uso/cobertura en diferentes puntos de la cuenca (Delgado & Yarrow 2005). La información digital utilizada corresponde a tres mapas con resolución 1:50.000, de los cuales uno contiene información sobre la cobertura vegetal, otro sobre los usos de tierra y el tercero las alturas y pendientes (en porcentaje de inclinación). Por medio del Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcView 3.3 se unieron las dos primeras capas para generar un mapa digital de uso/cobertura de la tierra.

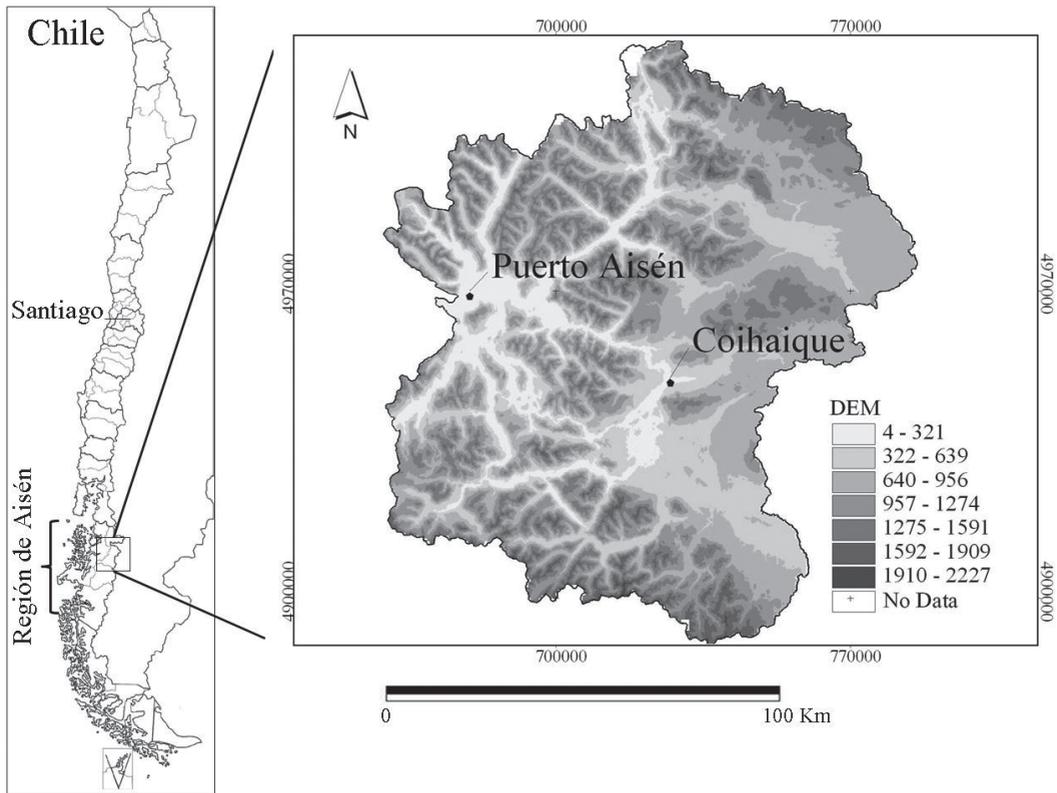


Fig. 1: Localización geográfica de la cuenca del río Aisén y modelo de elevación digital (DEM).  
Geographic location of the Aisén watershed and digital elevation model (DEM).

Los gradientes urbano-rurales generalmente se analizan en transectos lineales desde un centro urbano, verificando que exista una disminución en la densidad de caminos y en la densidad poblacional a medida que aumenta la distancia de la zona urbana (Medley et al. 1995, Weak et al. 1998). Para el muestreo realizado en este estudio se consideraron las características anteriores y se establecieron siete transectos. Estos fueron dispuestos en direcciones al azar bajo el supuesto que la zona urbana influye de manera diferente en los transectos dependiendo de la dirección en que se establezca (anisotropía) (Turner 1990, Dutilleul 1998). En este estudio se consideró la ciudad de Coihaique como centro urbano, ya que es la capital regional y concentra el mayor número de habitantes y servicios disponibles en la Región de Aisén (INE 2002). En total se tomaron 16 cuadrículas de 100 km<sup>2</sup> distribuidos en los siete transectos (Fig. 2). Cada cuadrícula corresponde a una grilla de 250 x 250 píxeles con 40 m de resolución.

Se utilizaron siete métricas de paisaje para cuantificar la composición (variedad y abundancia) y configuración (arreglo, posición y orientación) de los parches de vegetación nativa (Tabla 1). Para nuestros propósitos esta última incluye al bosque nativo y la estepa patagónica en conjunto, ya que ambos son característicos de la zona. El cálculo se hizo para cada cuadrícula desde el mapa digital de uso/cobertura usando el programa FRAGSTAT 3.3 (McGarigal et al. 2002).

El Índice de Hemerobia, IH, se basa en el porcentaje de territorio que ocupa cada uso/cobertura y al grado de intervención (o grado de Hemerobia) que se asigna a los diferentes impactos humanos detectados en el lugar (Steinhardt et al. 1999). En la Tabla 2 se indica la categorización del grado de hemerobia utilizada en este trabajo. Para establecer espacialmente el grado de hemerobia en el mapa digital se utilizó la metodología propuesta por Martínez (2004), que corresponde al uso de mapas en formato "raster".

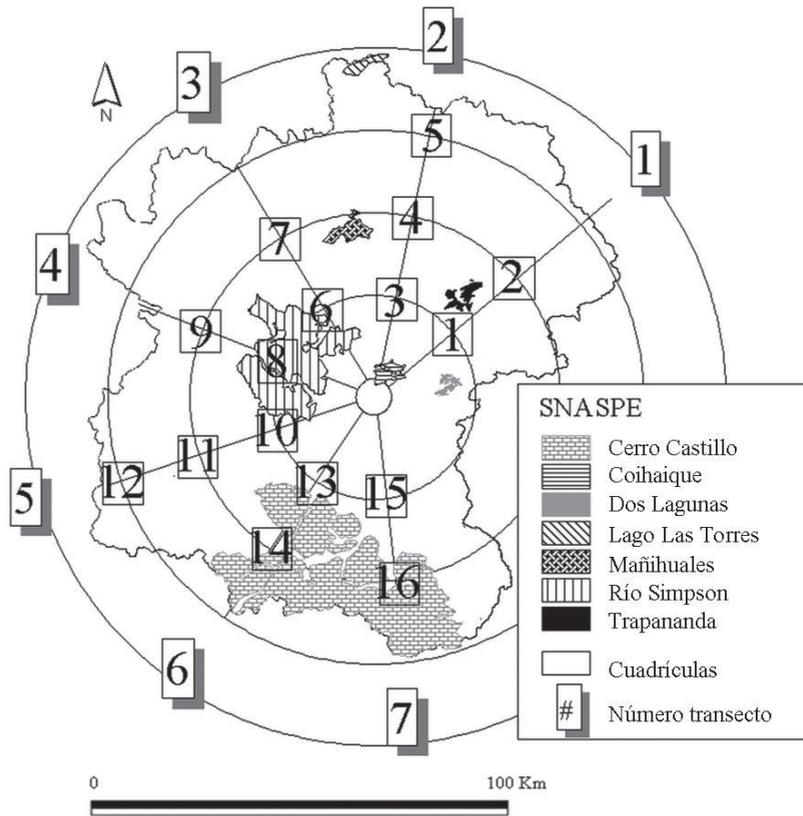


Fig. 2: Diseño muestral usado en el estudio y áreas protegidas que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Silvesres Protegidas del Estado (SNASPE).

Sampling design used in the study and protected areas as part of the National System of Wild Protected Areas of the State (SNASPE).

TABLA 1

Métricas de paisaje usadas para cuantificar el patrón espacial de los parches de vegetación nativa en la cuenca del río Aisén

Landscape metrics used to quantify the spatial pattern of native vegetation patches in the Aisén watershed

Métricas de paisaje	Abreviación	Descripción
<b>Métricas de composición</b>		
Área total de la clase (ha)	CA	Suma de áreas de todos los parches de un mismo tipo (o clase)
Tamaño promedio del parche (ha)	MPS	Área promedio de todos los parches de un tipo
Número de parches	NP	Número de parches de un mismo tipo
Porcentaje de paisaje	PLAND	Porcentaje que ocupa un tipo de uso respecto al área total del paisaje
<b>Métricas de configuración</b>		
Índice del parche más grande (%)	LPI	Porcentaje que ocupa el parche más grande dentro del paisaje
Índice de forma promedio del parche	MSI	Medida promedio de la complejidad de los parches de un tipo determinado
Índice de dispersión /yuxtaposición	IJI	Medida donde cada parche es evaluado por la adyacencia con todos los otros tipos de parche

TABLA 2

Tipo de uso/cobertura de la tierra en la cuenca del río Aisén, de acuerdo al grado de hemerobia (basado en Steinhardt et al. 1999)

Land use/land cover types in the Aisén watershed, according to the degree of hemeroby (based on Steinhardt et al. 1999)

Factor	Grado de hemerobia	Tipo de uso/cobertura de la tierra
1	Ahemerobia	Bosque nativo, estepa patagónica, glaciares y nieve
2	Oligohemerobia	Renoval, cuerpos de agua y humedales
3	Mesohemerobia	Matorral
4	$\beta$ -euhemerobia	Praderas, plantaciones forestales y silvicultura
5	$\alpha$ -euhemerobia	Agricultura y ganadería
6	metahemerobia	Áreas urbanas e industriales

Luego de establecer las categorías, se calculó el IH para cada cuadrícula de muestreo:

$$IH = \sum_{h=1}^m \frac{f_m}{m} h \quad (1),$$

donde, m: número de categorías de hemerobia,  $f_m$ : proporción del área de la categoría m, h: factor de hemerobia (lineal desde  $h = 1$  a  $h = m$ , Tabla 2).  $IH_{m\acute{a}x} = 100$ : zona completamente intervenida (Steinhardt et al. 1999).

Las pronunciadas pendientes que se pueden encontrar en la cuenca del Aisén hacen que esta variable sea relevante al analizar cambios de uso de suelo. Por esta razón, se utilizó para comparar si el nivel de intervención se relaciona con la topografía. Para ello se calculó la pendiente promedio en cada cuadrícula. De acuerdo al plan regional de desarrollo urbano de la Región de Aisén (PRDU), las zonas con pendientes mayores a 30 % son consideradas zonas de protección ya que están limitadas por condiciones de fragilidad ambiental y riesgo de erosión. Con estos antecedentes se calculó el porcentaje de la superficie de las cuadrículas con pendiente menor a 30 % que es intervenida en la actualidad.

Se calculó el índice de correlación de Kendall-Tau para determinar el grado de relación de las métricas de la vegetación nativa y el IH entre sí y con la distancia al centro urbano. La relación entre el nivel de intervención se determinó comparando los  $r^2$  resultantes de un análisis de regresión simple entre cada una de las métricas y el IH. Los análisis se realizaron utilizando el programa STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc. 2001).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos respecto de las estructuras (composición y configuración) de los parches de vegetación nativa en cada cuadrícula, muestran una disposición en gradiente en los transectos 1, 3, 6 y 7 (Fig. 2), donde las cuadrículas que están más cercanas al centro urbano tienen mayor número de parches, y un menor porcentaje de cobertura de vegetación nativa. Por otro lado, el transecto 4 muestra una distribución inversa. El índice de forma promedio (MSI) indica una predominancia de parches irregulares en las cuadrículas 2, 7 y 16, pero en general la diferencia entre ellos es baja (MSI mínimo = 1,7; MSI máximo = 2,8). De acuerdo al índice de dispersión/yuxtaposición (IJI), los parches de vegetación nativa, en general, tienen una alta adyacencia.

La Fig. 3 muestra el grado de hemerobia para toda la cuenca. La categoría uno, que incluye las zonas de vegetación nativa, ocupa el mayor porcentaje en las cuadrículas 6, 8, 11, 12 y 16 (> 70 %). Este resultado podría ser explicado porque parte de ellas están dentro de unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) (Fig. 2). Otra categoría que está ampliamente representada es la cuatro (praderas y silvicultura), que alcanza altos valores en las cuadrículas 2, 3, 5 y 15 (> 45 %).

El Índice de Hemerobia muestra una disminución del nivel de intervención, en los transectos 5 a 7, en la medida que las unidades se ubican a mayor distancia del centro urbano.

Pero, por ejemplo, en el transecto 4, el cuadrante 8 está dentro de la Reserva Nacional Río Simpson, por lo cual el índice de intervención es bajo, mientras que el cuadrante 9, que está más alejado del centro urbano, posee un alto índice de intervención (Fig. 2).

La correlación de Kendall Tau indica que la distancia al centro urbano no tiene relación significativa con las métricas de paisaje y con el IH. Por otro lado, al analizar la correlación entre las métricas y el IH, los resultados indican que existe correlación significativa entre el IH y el tamaño promedio de los parches (MPS) ( $r^2 = -0,54$ ;  $P < 0,05$ ), número de parches (NP) ( $r^2 = 0,34$ ;  $P < 0,05$ ) e índice de parche más grande (LPI) ( $r^2 = -0,46$ ;  $P < 0,05$ ). Los resultados de las regresiones simples sugieren que el MPS sería la variable que se relaciona de mejor forma con el nivel de intervención representado por IH. Esto es,

cuanto más intervenida esté una zona, menor será el área promedio de los parches.

Para corroborar la existencia de una disposición en gradiente, considerando el MPS y el IH en conjunto, se realizó un análisis discriminante. Este mostró que no hay un agrupamiento significativo de los puntos, confirmando que el MPS y el IH no están relacionados con la distancia al centro urbano ( $F_{4,24} = 0,84$ ;  $P = 0,512$ ; Fig. 4).

Para analizar los patrones de distribución de las zonas de mayor intervención, se utilizó la pendiente promedio de las cuadrículas. Luego, se determinó el porcentaje ocupado por actividades clasificadas con categoría de intervención medio-alto (grado de hemerobia 3, 4 y 5, Tabla 2). Los resultados muestran que el 86 % de las zonas de pendiente menor a 30 % están dentro de alguna de las categorías mencionadas.

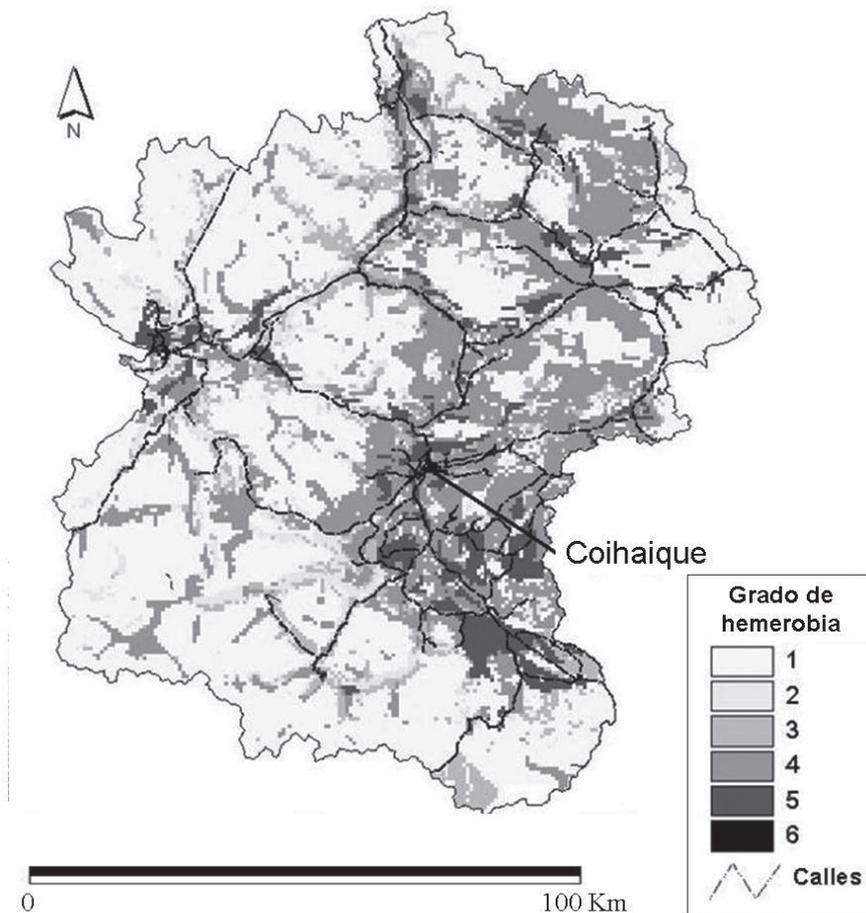


Fig. 3: Grado de hemerobia en la cuenca del río Aisén.

Degree of hemeroby in the Aisén watershed.

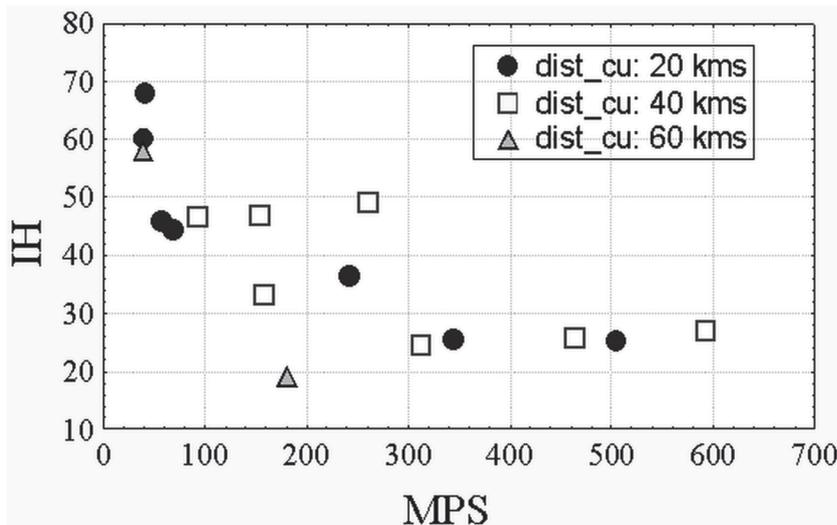


Fig. 4: Correlación entre el tamaño promedio de los parches (MPS) y el Índice de Hemerobia (IH). En la figura se puede observar que esta relación no depende de la distancia al centro urbano (dist\_cu).

Correlation between mean patch size (MPS) and Hemeroby Index (IH). Figure shows that this relation is not dependent of the distance to the urban center (dist\_cu).

Finalmente, el análisis de regresión múltiple, realizado para definir cuál de las variables tiene una mayor contribución relativa para explicar el patrón de intervención dentro de la cuenca, arrojó como resultado que la pendiente tiene una relación significativa y negativa con IH (coeficiente  $\beta = -0,738$ ;  $P = 0,001$ ). Es decir, a menor pendiente, mayor es el nivel de intervención; mientras que la distancia al centro urbano no es significativa (coeficiente  $\beta = -0,272$ ;  $P = 0,159$ )

#### DISCUSIÓN

La mayoría de los estudios actuales sobre la estructura del paisaje tratan de relacionar las características de los parches de vegetación nativa con el tipo e intensidad de las actividades sociales que se realizan en un territorio particular (Medley et al. 1995, Zheng et al. 1997, Steinhart et al. 1999, Turner et al. 2003). La forma en que se caracteriza el nivel de intervención es diversa, pero en general se trata de manera cualitativa o en base a un factor indicador, sin analizar la diversidad de usos que puede tener un territorio (Martínez 2004). En este trabajo se utilizó el Índice de Hemerobia como un indicador del nivel de intervención que

incorpora varios tipos de uso/cobertura del territorio. Ello lo hace más adecuado al estudiar fenómenos causados por diversos factores, como es la configuración de la estructura del paisaje, y otros de índole socio-económicos (Machado 2004, Lockaby et al. 2005).

Los resultados muestran que el tamaño promedio de parches MPS es la métrica que mejor se correlaciona con el nivel de intervención. En otras palabras, la estructura del paisaje en la zona se caracteriza por presentar parches de vegetación nativa más grandes en las zonas donde el nivel de intervención es bajo. Sin embargo, no encontramos una relación con el número de parches o el porcentaje de cobertura, los que generalmente son considerados como indicadores de intervención en la mayoría de los trabajos relacionados a este tema. Ello permite proponer que la relación entre características de los parches y el nivel de intervención de un lugar no se pueden tomar como una regla general para caracterizar los patrones de fragmentación del paisaje. Una posible razón para ello es que existen otros factores que inciden fuertemente en la distribución y estructura de los parches como factores históricos y culturales en los cambios del uso del suelo que son específicos para cada

lugar. A ello se suma la variedad de metodologías aplicadas en cada estudio, como el número de categorías de uso/cobertura de la tierra, y la resolución y calidad de los mapas con que se trabaja (Herzog & Lausch 1999, Li & Wu 2004).

En base a los resultados obtenidos, la relación del índice de intervención (IH) con las métricas de paisaje nos permite inferir que en la región de estudio la intervención humana, al menos durante los últimos 50 años, no ha incrementado la fragmentación del bosque nativo, sino que ha aislado los fragmentos presentes. Este resultado confirma que el análisis de correlación entre el patrón espacial y el proceso de cambio que se estudia es un ejercicio simple pero importante ya que los resultados pueden ayudar a definir cómo se han configurado los cambios históricos en el uso del suelo en el lugar (Steinhard et al. 1999), así como también la presión actual existente sobre ellas.

Respecto al análisis en gradiente, los resultados indican que, basado en las variables consideradas en este estudio: métricas de paisaje e índice de intervención (MPS e IH), no se puede establecer una disposición en gradiente en los transectos analizados. Vale decir, las zonas cubiertas de vegetación nativa no presentan un patrón significativo de aumento desde la zona urbana hacia la zona rural. Esto tampoco ocurre con el IH, donde se esperaba una disminución desde la zona urbana a la rural (Medley et al. 1995, McDonnell et al. 1997).

El concepto de gradiente urbano-rural, en su acepción más común (Medley et al. 1995, Martínez 2004), excluye otros tipos de actividades que pueden modificar en forma importante el paisaje (e.g. áreas destinadas a la explotación de los recursos naturales en zonas rurales), y que influyen en la compleja estructura de este tipo de gradiente (Lockaby et al. 2005). La cuenca del río Aisén es un ejemplo de ello, pues existe un mayor porcentaje de zonas utilizadas para la producción ganadera, practicada más en las zonas rurales (13,4 %) que en la urbana (0,1 %). Esto se relaciona directamente con el proceso histórico de colonización de la región, donde se llegaron a ocupar cerca de 827.000 ha para este tipo de actividad, lo que implicó una dramática disminución de las zonas de bosque nativo (Ortega & Brüning 2004).

Otro aspecto importante que influye actualmente de forma determinante en la estructura del paisaje son las restricciones políticas en el cambio de uso de suelo (e.g., áreas pertenecientes al SNASPE) y los planes de ordenamiento territorial (Herzog et al. 2001, Lausch & Herzog 2002). Por ejemplo, en la Región de Aisén la existencia de parques y reservas naturales del Estado tienen una gran influencia en la distribución de los usos de la tierra ya que cubren un área importante de la región (39 %), conservando extensas áreas de vegetación nativa. Esta designación política impide el cambio de uso del suelo en la zona donde se ubican las áreas del SNASPE y, por lo tanto, influye en la estructura del paisaje a escala regional, la cual no necesariamente coincide con una disposición en gradiente. Por otra parte, en la zona existe una coincidencia espacial entre zonas de pendientes bajas y zonas más intervenidas, lo que se corroboró de forma cuantitativa. Ello permite proponer que la intervención y la distribución de los parches de vegetación nativa no están influenciadas fuertemente, en este caso, por la distancia al centro urbano, sino más bien por la topografía. Por tanto, el concepto de “gradiente urbano-rural” no se puede aplicar como base única en estudios orientados a explicar las características y estructuras de los parches de vegetación nativa, sino más bien se deben integrar un conjunto de factores biológicos y físicos enmarcados en el contexto histórico-cultural del uso del suelo en un área o territorio dado. Ello implica que, contrariamente a lo propuesto por McDonnell et al. (1997), este no se puede considerar como un paradigma en ecología del paisaje. Los resultados entregados en este trabajo sirven como antecedentes para postular que la estructura del paisaje depende de diversos factores y no solo de las características físicas y biológicas del medio, sino también del uso que le da el hombre a la tierra, el cual está fuertemente influenciado con su cultura y el desarrollo histórico de la sociedad. Por lo tanto, un solo factor, como lo es la distancia a un centro urbano, no debiera preestablecerse como determinante en la distribución del uso/cobertura de la tierra. El tipo análisis presentado ayuda, entonces, a tomar medidas de manejo más informadas y contextualizadas al área de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el proyecto ECOManage (Unión Europea, Contrato INCO-CT-2004-003715, CONICYT/Banco Mundial).

## LITERATURA CITADA

- BASTIAN O (2001) Landscape ecology-towards a unified discipline? *Landscape Ecology* 17: 757-766.
- CALDWELL LK (1990) Landscape, law and public policy: conditions for an ecological perspective. *Landscape Ecology* 5: 3-8.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF) Y COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA) (1999) Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales, Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile (Versión en CD).
- DELGADO LE & MM YARROW (2005) Deliverable 1.4. Report on: maps of land use and vegetation cover Aisén - Chile. Proyecto ECOManage. URL: [http://www.ecomanage.info/Documents/work\\_packages.htm](http://www.ecomanage.info/Documents/work_packages.htm) (Accedido el 9 de marzo de 2006).
- DELGADO LE & VH MARÍN (2005) FES-sistemas: un concepto para la incorporación de las sociedades humanas en el análisis medioambiental en Chile. *Revista Ambiente y Desarrollo* 21: 18-22.
- DE MIGUEL J, M CASADO, B ACOSTA, A DEL POZO, C OVALLE, C HEPP, H HELIZALDE, E ZAGAL, M GERDING, J BARRERA & L FINOT (2005) Caracterización ecológica y agronómica de la interacción bosque-pradera para la elaboración de un modelo sostenible de explotación silvopastoral en la región patagónica de Aisén (Chile). URL: <http://www.inia.cl/geam/Proyectos/Biodiversidad.pdf#search=%22%22de%20miguel%22%20aysen%22> (Accedido el 6 de abril de 2006).
- DUTILLEUL P (1998) Incorporating scale in ecological experiments: study desing. En: Peterson DL & VT Parker (eds) *Ecological scale: theory and applications*: 369-386. Columbia University press, New York, USA.
- HERZOG F & A LAUSCH (1999) Prospects and limitations of the application of landscape metrics for landscape monitoring. En: Maudsley M & J Marshall (eds) *Heterogeneity in landscape ecology: pattern and scale*: 41-50. Aberdeen, IALE, United Kingdom.
- HERZOG F, A LAUSCH, E MÜLLER, H THULKE, U STEINHARDT & S LEHMANN (2001) Landscape metrics for assessment of landscape destruction and rehabilitation. *Environmental Management* 27: 91-107.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE) (2002) Base de datos Censo 2002, [CD-ROM], Gobierno de Chile, Chile.
- LAUSCH A & F HERZOG (2002) Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators* 2: 3-15.
- LI H & J WU (2004) Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology* 19: 389-399.
- LOCKABY B, D ZHANG, J MCDANIEL, H TIAN & S PAN (2005) Interdisciplinary research at the urban-rural interface: the WestGa project. *Urban Ecosystems* 8: 7-21.
- MACHADO A (2004) An index of naturalness. *Journal for Nature Conservation* 12: 95-110.
- MARTÍNEZ W (2004) Estudio integrado del grado de antropización (INRA) a escala del paisaje: propuesta metodológica y evaluación. URL: [http://dlc.dlib.indiana.edu/archive/00001436/00/MartinezDuenas\\_Estudio\\_040607\\_Paper266.pdf#search=%22grado%20de%20antropizacion%22](http://dlc.dlib.indiana.edu/archive/00001436/00/MartinezDuenas_Estudio_040607_Paper266.pdf#search=%22grado%20de%20antropizacion%22) (Accedido 3 de mayo de 2006).
- MCDONNELL MJ & STA PICKET (1990) Ecosystem structure and Function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology* 71: 1232-1237.
- MCDONNELL MJ, STA PICKETT, P GROFFMAN, P BOHLEN, RV POUYAT, WC ZIPPERER, RW PARMELEE, MM CARREIRO & K MEDLEY (1997) Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. *Urban Ecosystems* 1: 21-36.
- MCGARIGAL K, S CUSHMAN, C NEEL & E ENE (2002) FRAGSTATS version 3.3: Spatial pattern analysis program for categorical maps. University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts, USA. URL: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>. (Accedido 6 de septiembre de 2005).
- MEDLEY KE, STA PICKETT & MJ MCDONNELL (1995) Forest-landscape structure along and urban-to-rural gradient. *Professional Geographer* 47: 159-168.
- NAVEH Z (1987) Biocybernetic and thermodynamic perspectives of landscape functions and land use patterns. *Landscape Ecology* 1: 75-83.
- NAVEH Z (2001) Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. *Landscape and Urban Planning* 57: 268-284.
- NAVEH Z & Y CARMEL (2002) Landscape complexity versus ecosystem complexity: Implication for landscape planning and management. XII Congreso Nazionale della Società Italiana di Ecologia - S.It.E. Atti 00 Urbino La Complessità in Ecologia. URL: <http://www.technion.ac.il/technion/agr/members/naveh.html> (Accedido 15 de marzo de 2007).
- ORTEGA H & A BRÜNING (2004) Aisén, panorama histórico y cultural, Región de Aisén. URL: <http://www.aisenpanorama.cl>. (Accedido 5 de mayo de 2006).
- SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DE PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN (SERPLAC) REGIÓN DE AISÉN (2005) Plan regional de ordenamiento territorial. Coihaique, Chile. URL: <http://serplac11.serplac.cl/link.cgi/Publicaciones/278> (Accedido 10 de diciembre de 2005).
- STATSOFT, INC. (2001) STATISTICA (data analysis software system), version 6.0 [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- STEINHARDT U, F HERZOG, A LAUSCH, E MÜLLER & S LEHMANN (1999) Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation. En: Pykt Y, Hyatt D & Lenz R (eds) *Environmental indices, system analysis approach*: 237- 254. EOLSS Publications, Oxford, United Kingdom. URL: [http://www.ufz.de/data/lausch\\_hemeroby\\_ende11534.pdf#search=%22hemeroby%20index%22](http://www.ufz.de/data/lausch_hemeroby_ende11534.pdf#search=%22hemeroby%20index%22) (Accedido 3 de mayo de 2006).

- TURNER MG (1990) Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology* 4: 21-30.
- TURNER MG, S PEARSON, P BOLSTAD & D WEAR (2003) Effects of land-cover change on spatial pattern of forest communities in the southern Appalachian Mountains (USA). *Landscape Ecology* 18: 449-464.
- WEAK DN, MG TURNER & RJ NAIMAN (1998) Land cover along an urban-rural gradient: implications for water quality. *Ecological Applications* 8: 219-230.
- YARROW MM & VH MARÍN (2007) Toward conceptual cohesiveness: a historical analysis of the theory and utility of ecological boundaries and transition zones. *Ecosystems* 10: 462-476.
- ZHENG D, D WALLING & Z HAO (1997) Rates and pattern of landscape change between 1972 and 1988 in the Chinghai mountain area of China and north Korea. *Landscape Ecology* 12: 241-254.

*Editor Asociado: Javier Figueroa*

*Recibido el 4 de marzo de 2008; aceptado el 9 de octubre de 2008*