

UCH-FC  
B. Ambiental  
N° 639  
C-1

FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



**Estudio de la Estructura del Paisaje a lo Largo de Gradientes  
Urbano-Rurales en la Cuenca del Río Aysén (XI Región, Chile)**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los  
requisitos para optar al Título de Bióloga con Mención en Medio Ambiente

por

**MARCELA ALEJANDRA TORRES GÓMEZ**



Director de Seminario de Título: Dr. Ramiro O. Bustamante  
Co-director de Seminario de Título: Dr. Víctor H. Marín

Septiembre, 2007  
Santiago, Chile



INFORME DE APROBACION  
MEMORIA DE TITULO

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Bióloga con Mención en Medio Ambiente

MARCELA ALEJANDRA TORRES GÓMEZ

Ha sido aprobada por la Comisión de Evaluación de la Memoria de Título como requisito para optar al Título de Bióloga con Mención en Medio Ambiente, en el examen de Defensa de la Memoria rendido en Septiembre, 2007

**Director seminario de título:**

Dr. Ramiro O. Bustamante

**Co-director de seminario de título:**

Dr. Víctor H. Marín

**Comisión de Evaluadora:**

Dr. Italo Serey

Dr. Orión Aramayo



## AGRADECIMIENTOS

*A mi familia ya que el fin de esta etapa es el resultado de su apoyo incondicional.*

*No solo agradecimientos sino una dedicación especial para mi madre, ya que este trabajo representa todo su esfuerzo, dedicación, paciencia..., y sobre todo amor.*

*Además quiero agradecer la confianza y el apoyo de mis profesores guía Ramiro Bustamante y Víctor Marín; y también a Luisa Delgado por sus valiosos consejos.*

*Mención especial para Felipe por su ayuda y enorme paciencia; y para los chicos LME: Antonio, Pamela y Matt por los 'muy necesarios' momentos de relax del día.*

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

**ecomanage**  
INTEGRATED ECOLOGICAL COASTAL  
ZONE MANAGEMENT SYSTEM



## ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen	vi
Abstract	vii
1. Introducción	1
2. Materiales y Métodos	5
2.1. Área de estudio	5
2.2. Base de datos	7
2.3. Método de muestreo	7
2.4. Patrones de paisaje	9
2.4.1. Distribución de la vegetación	9
2.4.2. Nivel de intervención	10
2.5. Pendiente	12
2.6. Análisis de datos	12
3. Resultados	14
3.1. Patrones de paisaje	14
3.1.1 Distribución de la vegetación	14
3.1.2. Nivel de intervención	14
3.2. Pendiente	18
4. Discusión	20
5. Bibliografía	24
6. Anexos	28
1. Formulas de las métricas	28
2. Tablas	29
3. Glosario de términos	31



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación del impacto humano y su correspondiente grado de hemerobia.	11
Tabla 2: Tipos de uso/cobertura identificado en la cuenca y su clasificación según el grado de hemerobia.	11
Tabla 3: Métricas de composición y configuración espacial de los parches de vegetación nativa en cada cuadrante.	29
Tabla 4: Porcentaje del área que ocupa cada categoría de hemerobia respecto a la superficie total de cada cuadrante.	29
Tabla 5: Índice de hemerobia y pendiente para cada cuadrante.	30



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1a: Modelo conceptual de FES-sistema.	3
Figura 1b: Modelo conceptual del análisis de paisaje desde una perspectiva FES-sistémica.	3
Figura 2: Localización geográfica y DEM de la cuenca del río Aysén.	6
Figura3: Zonas pertenecientes SNASPE.	6
Figura 4: Mapa digital base de uso/cobertura de la tierra en la cuenca.	8
Figura 5: Método de muestreo utilizado.	9
Figura 6: Grado hemerobia en la cuenca.	15
Figura 7: Gráfico de los valores de $R^2$ de las correlaciones métricas de paisaje vs IH.	17
Figura 8: Correlación APP vs IH separado por distancia al centro urbano.	17
Figura 9: Coincidencia entre las capas de uso/cobertura y pendiente	19



## LISTA DE ABREVIATURAS

AED: análisis exploratorio de datos

APP: área promedio de los parches

ATP: área total de los parches

DEM: siglas en inglés de modelo de elevación digital

DIST\_CU: distancia al centro urbano

FES-sistema: Sistema físico-ecológico-social

IY: índice de esparcimiento y yuxtaposición

IFP: Índice de forma promedio

IH: Índice de hemerobia

IPG: índice del parche más grande

NP: número de parches

PRDU: plan regional de desarrollo urbano

PROT: Plan regional de ordenamiento territorial

SIGs: Sistemas de información geográfica

SNASPE: Servicio nacional de áreas silvestres protegidas del estado

%CP: proporción de cobertura de los parches

## RESUMEN

Los cambios en la estructura del paisaje generalmente son asociados a factores físicos, biológicos y sociales. Sin embargo, es poco frecuente encontrar un análisis hecho de manera integrada. 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, y así establecer si la posición a lo largo de gradientes urbano-rurales tiene alguna relación con estos patrones del paisaje. Para esto se analizaron unidades a lo largo de gradientes en forma multidireccional, considerando como centro urbano la ciudad de Coyhaique. El estudio se basó en la cartografía digital del bosque nativo y uso de la tierra (entregadas por CONAF), analizadas usando los programas ArcView 3.3 y Fragstat 3.3. Los resultados muestran que no se puede establecer una disposición en gradiente 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 elementos del paisaje está fuertemente influenciada 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 (de forma no ambigua) el gradiente urbano-rural como un paradigma que pueda ser utilizado como una guía de trabajo mecanicista para estudiar la estructura del paisaje, como lo han propuesto otros autores.

## ABSTRACT

Changes in the structure of the landscape are generally associated to physical, biological and social factors. However, their analysis is rarely done in an integrated way. The objective of this study was to determine the distribution patterns of the native vegetation patches and the level of human intervention within the Aysén watershed. The main aim was to establish if the position within urban-rural gradients have some relation with the above landscape patterns. Vegetation units were analyzed in multiple directions considering the city of Coyhaique as the main urban center. The study was based on the digital cartography of the native forest and land use, available from CONAF, analyzed using 3.3 ArcView and Fragstat 3.3. The results show that a gradient structure cannot be established. We found a negative correlation between the level of intervention and the mean area of the patches. Furthermore, the distribution of the elements of the landscape is strongly influenced by the topography of the units. Consequently, it is not possible to use (in a non-ambiguous way) the urban-rural gradient as a paradigm that may guide mechanistics work about the structure of the landscape as proposed by other autors.

## 1. INTRODUCCIÓN:

La ecología del paisaje estudia los efectos recíprocos entre patrones espaciales y procesos ecológicos. Un paisaje es un área heterogénea compuesta por un grupo de ecosistemas que interactúan entre sí (Forman y Godron (1985); la forma de percepción de esta heterogeneidad depende en último término de la escala de análisis (Pickett & Cadenasso, 1995; Turner, et al. 2001, Dutilleul, 1998). En paisajes, la escala se refiere a la dimensión espacial o temporal de un objeto o proceso, donde las partes están definidas por la proximidad espacial. La extensión de un estudio a cierta escala entonces, dependerá del sujeto de interés (Turner, et la, 2001; Dutilleul, 1998, Hammer, 1998). En este trabajo, se hizo un estudio a escala de paisaje, desde la dimensión de la población humana.

Las principales propiedades de un paisaje son: la *estructura* o patrón, la *función* (flujos de materia, energía y organismos) y *cambio* de la estructura y función en el tiempo. Las propiedades descritas pueden ser vistas como un sistema debido a que existe una retroalimentación entre la estructura y la función provocando cambios en el paisaje (Forman & Godron, 1985; Forman, 1995; Moizo, 2004).

El paisaje se puede considerar como una entidad física, ecológica y social, debido a que la intervención del hombre ha generado nuevas funciones que han modificado los naturales pre-existentes, creando mosaicos estrechamente relacionados con nuestra cultura y desarrollo económico (Naveh, 1987). Desde esta perspectiva, los paisajes se observan como sistemas complejos que no pueden ser estudiados como un ente rígido sino que debe considerarse como un sistema dinámico. Por esta razón,

actualmente el estudio del paisaje se reconoce como una ciencia transdisciplinaria donde las diferentes aproximaciones se deben involucrar desde una perspectiva holista (Naveh, 2001; Bastian, 2001). La ciencia post-normal, en términos generales, es una visión que se caracteriza por definir una estrategia de pensamiento holista transdisciplinario, internalizando la incerteza de trabajar con sistemas complejos (Tognetti, 1995). Bajo este nuevo paradigma, el concepto de sistema físico-ecológico-social, FES-sistema, (Delgado & Marín, 2005) puede ser utilizado como modelo conceptual base para el análisis de sistemas complejos que incluyen la interacción sociedad-naturaleza ya que incorpora explícitamente al hombre como un componente más del sistema a analizar y sus efectos sobre un área espacial definida. Además, enfatiza que las preguntas planteadas y las aproximaciones propuestas por los observadores actúan como filtros de la información que se podrá obtener del sistema. Por ejemplo, en estudios de paisaje, la información que podamos obtener del sistema dependerá de la percepción de la heterogeneidad que tenga el investigador y del elemento del paisaje que le interese estudiar (Figuras 1a y b).

La expansión de las áreas urbanas junto con los cambios dinámicos en el uso de la tierra se considera como un factor que origina regímenes de perturbaciones y que puede influir más allá de los límites de la ciudad. El gradiente urbano-rural 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) que se refleja en la existencia de elementos urbanísticos (e.g. densidad poblacional, número de habitaciones, etc.), estos elementos son considerados como los principales factores que irrumpen en el mosaico de uso de la tierra (Martínez, 2004; Medley, et al, 1995) y pueden ser cuantificados y correlacionados con elementos del ambiente biológico,

físico y químico para investigar la influencia de la urbanización en la configuración espacial de los ecosistemas (McDonnell & Pickett, 1990). Sin embargo, debido a la complejidad de este tipo de zonas de transición influenciados no solo por distintas presiones humanas, sino también por los factores físicos que los afectan y actualmente las políticas y planes de uso y manejo del territorio, no se puede considerar solo un factor (como la urbanización) para entender la distribución de los elementos del paisaje (Yarrow & Marín, 2007; Martínez, 2004).

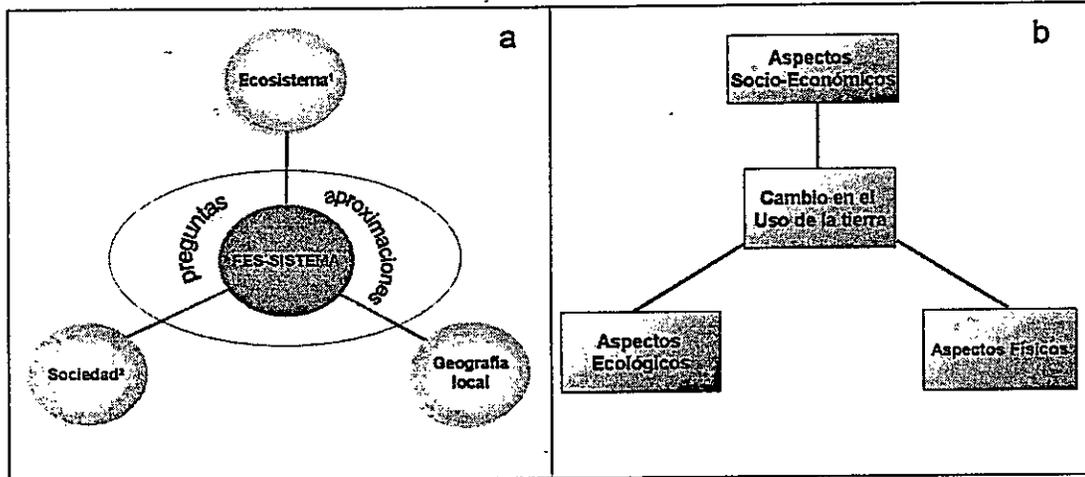


Figura 1: (a) modelo conceptual de FES-sistema. (Extraído de Delgado & Marín, 2005). (1) incluye componentes bióticos y abióticos. (2) incluye componente político y socio-económico. (b) Modelo conceptual del análisis de paisaje desde una perspectiva FES-sistémica.

La caracterización de la estructura del paisaje es el primer paso en cualquier estudio de este tipo y existe una serie de índices o métricas diseñadas para cuantificar la estructura y composición de acuerdo a las propiedades geométricas de los parches y su posición en el espacio (Lausch & Herzog, 2002; Steinhardt et al., 1999). Sin embargo, por si solas, estas métricas no tienen un significado ecológico inherente, la

interpretación de los resultados debe necesariamente incluir la naturaleza de los cambios (Li & Wu, 2004).

Una forma eficiente de cuantificar y caracterizar la estructura del paisaje es por medio de la aplicación de métodos de percepción remota y el procesamiento de datos a través de sistemas de información geográfica (SIGs). Estas tecnologías permiten observar y tratar una gran cantidad de información a diferentes escalas, además de la extrapolación de distintos tipos de datos. (Vande-Castle, 1998). En ecología de paisaje, ha permitido incrementar las posibilidades de tratar paisajes y analizar su heterogeneidad espacial ayudando a visualizar diversos factores que determinan el arreglo espacial de los sistemas ecológicos como la topografía, temperatura, humedad, tipo de suelo, perturbaciones e interacciones bióticas, aspectos que pueden ser determinantes para el establecimiento y expansión de las zonas pobladas (Turner *et al.* 2001).

El objetivo de este seminario fue caracterizar la estructura actual del paisaje en la cuenca del río Aysén (XI región de Chile). Esto se realizó a lo largo de gradientes urbano-rurales, combinando teoría de la ecología del paisaje y SIG, para así determinar si la distancia al centro urbano tiene alguna relación con los patrones de paisaje, en términos de distribución de la cobertura de vegetación nativa y del nivel de intervención por actividad humana, o si estos patrones se relacionan con la topografía de la zona.

## 2. Materiales y Métodos:

### 2.1 Área de estudio:

Este estudio se realizó en la cuenca del río Aysén, la cual se ubica en la XI región de Chile entre los paralelos 45° y 46° de latitud sur y tiene una superficie total de 11.456 km<sup>2</sup> (Figura 2). Esta región, en general, ha sufrido una fuerte presión sobre los ecosistemas naturales 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 transformarlas en terrenos de pastoreo. Una de las primeras medidas tomadas para evitar la fuerte erosión del suelo que provocó este hecho fue la reforestación con diferentes especies de pino y que hoy se ha convertido en una importante actividad económica. Además desde 1938 se han declarado varias zonas de protección que comprenden cerca de un 39% de la región. Actualmente, solo dentro de la cuenca del río Aysén, se encuentran 8 reservas nacionales y un monumento natural pertenecientes al Servicio nacional de áreas silvestres protegidas del estado, SNASPE (Figura 3), (De Miguel, *et al.* 2005; Ortega y Brüning, 2004).

Dentro de las características topográficas, la zona más alta dentro de la cuenca alcanza 2227 m y la pendiente promedio es 32%. Otra característica importante es que 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, además la vegetación típica de esta zona es el bosque templado de Lenga (*Nothofagus Pumilio*). En cambio, en la parte este existen amplios valles y pendientes más suaves. En esta zona aparece la estepa patagónica (Delgado & Yarrow, 2005). En la Figura 2 se muestra el modelo de elevación digital (DEM) de la cuenca donde se puede observar la distribución de las alturas.

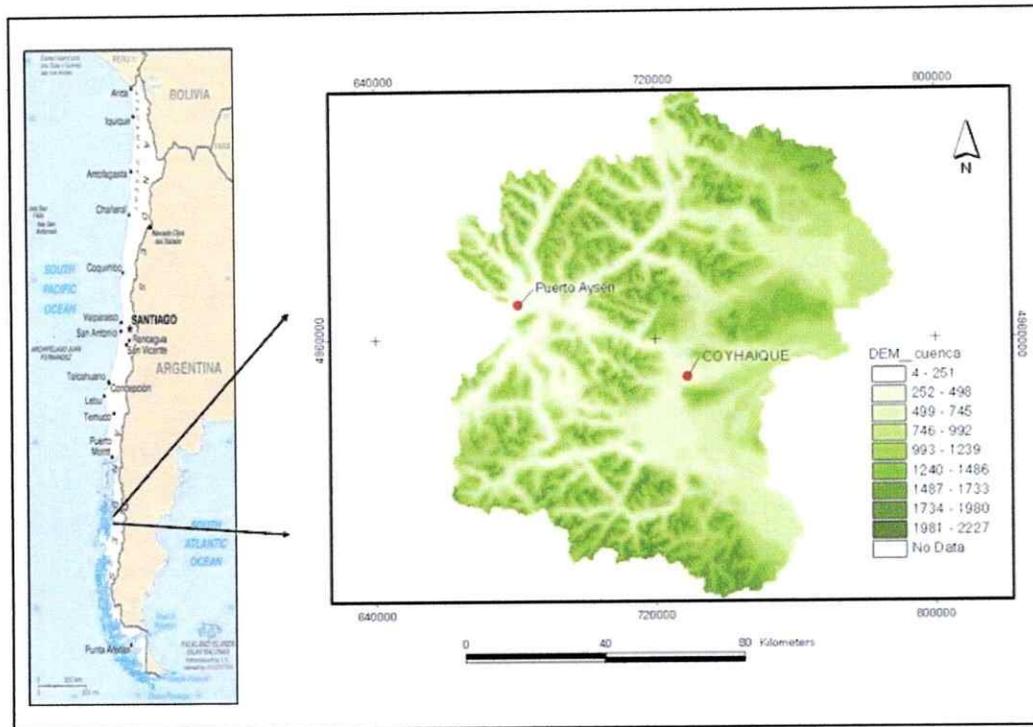


Figura 2: Localización geográfica y DEM de la cuenca del Río Aysén

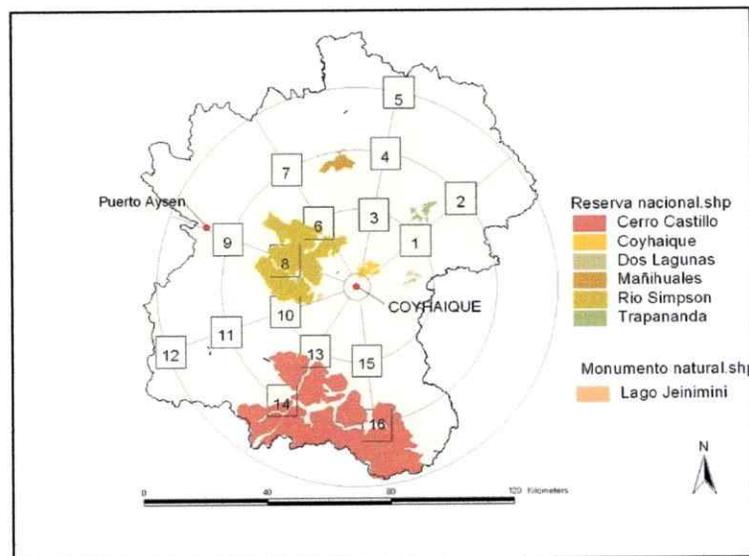


Figura 3: Zonas pertenecientes al Servicio nacional de áreas silvestres protegidas del estado (SNASPE). Los cuadros enumerados, indican los cuadrantes de muestreo.

## 2.2. Base de Datos:

La base de datos necesaria para la realización de este seminario, fue entregada por el gobierno regional de la XI región de Aysén. Esta información consta de archivos digitales en formato ArcView GIS y coberturas Arcinfo, las cuales fueron creadas para el desarrollo del catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile (proyecto CONAF-CONAMA, 1999)

La información digital utilizada corresponde a tres mapas (resolución 1:50.000) de los cuales uno contiene información sobre la cobertura vegetal, otro sobre los usos de tierra y por último uno que indica las pendientes (en porcentaje de inclinación). Por medio del programa ArcView 3.3 se unieron las dos primeras capas para generar un mapa digital de uso/cobertura de la tierra (Figura 4).

## 2.3 Método de muestreo:

Se establecieron transectos de acuerdo a la definición de gradientes urbano-rurales de McDonnell & Pickett, 1990. En este caso, se consideró la ciudad de Coyhaique como centro urbano, ya que es la capital regional y concentra el mayor número de habitantes y servicios disponibles en la región (INE, 2002). Las unidades muestrales fueron definidas utilizando un método estratificado al azar en el cual el área de muestreo es dividido en cuadrantes (Dutilleul, 1998). Suponiendo que la zona urbana influye sobre la estructura del paisaje en forma de anillos asimétricos, y considerando que puede existir una diferencia en los gradientes de acuerdo a la dirección en que este se establezca, en este trabajo, se tomaron cuadrantes de 100 Km<sup>2</sup> distribuidos en un transecto lineal (gradiente) y en distintas direcciones al azar, los anillos están separados por 20 kms aprox. (Figura 5).

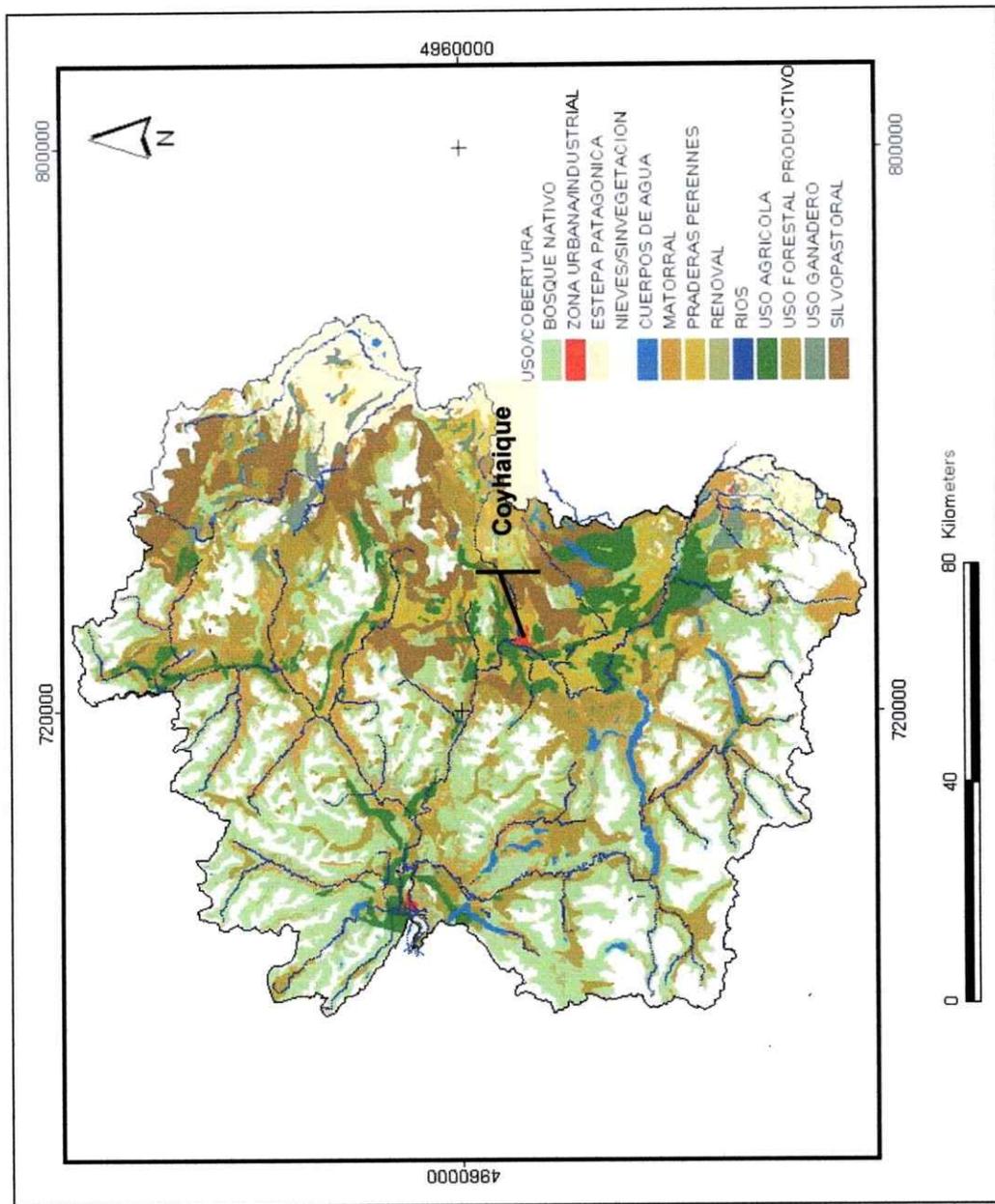


Figura 4: Mapa digital base de uso/cobertura de la tierra en la cuenca.

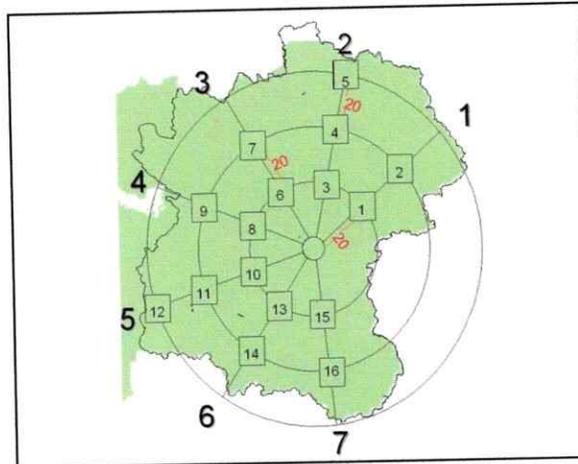


Figura 5: método de muestreo utilizado. Las unidades muestrales corresponden a los cuadrantes (16) de 100 km<sup>2</sup> dispuestos en gradiente o transectos (7) de forma multidireccional.

#### 2.4 Patrones de paisaje:

Para describir los patrones de paisaje, en este trabajo se utilizaron dos tipos de índices: las métricas de paisaje para la caracterización de los parches de vegetación nativa; y el índice de hemerobia para determinar el nivel de intervención en los cuadrantes establecidos.

##### 2.4.1 Distribución de la vegetación nativa:

En este trabajo se han utilizado métricas de paisaje de dos tipos: composición que se refiere a la variedad y abundancia de los parches, y métricas de configuración espacial para definir el arreglo, posición y orientación de los parches. Las métricas de composición usadas son: área total de cobertura de los parches, área promedio de los parches, número de parches y la proporción del área que ocupan dentro del paisaje. Por otra parte, las métricas de configuración espacial utilizadas fueron, índice del parche más grande, que indica el porcentaje del área total del paisaje que ocupa el parche más grande, como una medida de dominancia; el índice de forma promedio, que estima cuán cerca está un parche de tener una forma compacta; y finalmente, el

índice de esparcimiento y yuxtaposición, que es una medida de agregación (McGarigal et al, 2002(b)) basado en la adyacencia (o vecindad) de los parches con las otras clases presentes. En el Anexo 1 se describen estas métricas.

Las métricas de paisaje fueron calculadas para la cobertura de vegetación nativa, que en este caso incluye al bosque nativo y estepa patagónica, estos dos elementos se tomaron en conjunto debido a que ambos son característicos de la zona. El cálculo se hizo para cada cuadrante, desde el mapa digital procesado en ArcView usando el programa FRAGSTAT 3.3 (Mcgarigal et al., 2002(a)). Los cálculos fueron hechos en formato ArcGrid con una resolución de 250 x 250 píxeles (40 m). Las fórmulas usadas en los cálculos se indican en el Anexo 1.

#### 2.4.2 Nivel de intervención:

Para calcular el nivel de intervención en los cuadrantes se utiliza el Índice de Hemerobia (IH), el cual es una medida integrativa de los impactos de todas las intervenciones humanas sobre los ecosistemas estableciendo de forma cuantitativa el nivel de intervención para un área particular. Este se basa en el porcentaje de territorio que ocupa cada uso/cobertura del territorio y al grado de intervención (o *grado de hemerobia*) que se asigna a los diferentes impactos humanos detectados en el lugar (Steinhadt et al., 1999). Para determinar el índice se ha recomendado usar seis grados de hemerobia respecto al nivel de intervención los que se indican en la Tabla 1.

Los grados de hemerobia que se identificaron para este trabajo se indican en la tabla 2. Para ingresar el grado de hemerobia al mapa digital y para calcular el IH, se establece un número (factor) a cada grado de hemerobia desde uno a seis. La

clasificación polyhemerobia no se incluye en este trabajo pues hace referencia a intervenciones de tipo lineal (e.g. carreteras) que en este caso, no son apropiadas por la resolución de los mapas digitales utilizados.

Tabla 1: Clasificación del impacto humano y su correspondiente grado de hemerobia. Extraído de Steinhadt et al., 1999.

<i>Grado de hemerobia</i>	<i>Nivel de intervención</i>	<i>Impacto humano</i>
<b>Ahemerobia</b>	Natural	Ninguno
<b>Oligohemerobia</b>	Cercano a lo natural	Bosque renoval, agua y aire con inmisiones
<b>Mesohemerobia</b>	Seminatural	Corte, arado y fertilización suave ocasional.
<b>β – euhemerobia</b>	Relativamente lejos de lo natural	Aplicación de fertilizantes, pesticidas y zanjas de drenaje.
<b>α – euhemerobia</b>	Lejos de los natural	Arado intenso, drenaje, aplicación de pesticidas y fertilización intensiva
<b>Polyhemerobia</b>	Ajeno a lo natural	Destrucción de la biocenosis y cobertura con material externo
<b>Metahemerobia</b>	Artificial	Biocenosis destruida.

Tabla 2: Tipos de uso/cobertura identificado en la cuenca y su clasificación según el grado de hemerobia

<i>Factor</i>	<i>Grado de hemerobia</i>	<i>Tipo de cobertura identificada</i>
1	Ahemerobia	Bosque Nativo, Estepa Patagónica, Glaciares y nieves
2	Oligohemerobia	Renoval, Corrientes de agua, Humedales
3	Mesohemerobia	Matorral
4	β-euhemerobia	Praderas perennes, uso forestal productivo y silvoagropecuario
5	α-euhemerobia	Suelo de uso agrícola y ganadero
6	metahemerobia	Zona Urbana

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 (o diseño tipo rejilla).

Luego de establecer las categorías que se utilizaron en este trabajo, se calculó IH para cada cuadrante de muestreo:

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

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  $h= m$ ).  $IH_{m\acute{a}x} = 100$ : zona completamente intervenida (Steinhardt et al, 1999).

#### 2.5. Cálculo de la pendiente promedio:

Las fuertes pendientes que se pueden encontrar en la cuenca del Aysén, hacen que este sea un aspecto muy relevante al analizar cualquier cambio de uso de suelo en el lugar. Por esta razón, la pendiente se incorporó como alternativa para comparar si el nivel de intervención tiene que ver con la distancia al centro urbano o con esta característica topográfica. Para calcular la pendiente promedio en cada cuadrante se utilizó un mapa digital de las pendientes en formato ArcGrid con una resolución de 250 x 250 píxeles (40 m). De acuerdo al plan regional de desarrollo urbano de la región de Aysén (PRDU) las zonas con una pendiente mayor a 30% son consideradas zonas de protección ya que están limitadas por condiciones de fragilidad ambiental y riesgo (especialmente de erosión). Con estos antecedentes se calculó el porcentaje del territorio con pendiente <30 % que está siendo intervenida actualmente dentro de los cuadrantes.

#### 2.6. Análisis de datos:

En primer lugar se realizó una correlación de Kendall-Tau para determinar si las métricas calculadas para la vegetación nativa e IH, tenían una relación significativa con la distancia al centro urbano. Luego se repitió este análisis para establecer si las métricas de vegetación tenían una relación significativa con el IH, para después determinar cual de ellas se relacionaba mejor con el nivel de intervención en los cuadrantes, comparando los  $r^2$  resultado del análisis de regresión simple entre cada

una de estas métricas e IH. Para definir si el nivel intervención esta relacionado con la distancia al centro urbano o con la pendiente, se realizó un análisis de regresión múltiple. Los análisis se realizaron utilizando el programa STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc.,2001).

### 3 RESULTADOS:

#### 3.1. Patrones de paisaje:

##### 3.1.1 Distribución de la vegetación nativa

Los resultados obtenidos respecto a la composición y configuración de los parches de vegetación nativa en cada cuadrante, se resumen en la Tabla 3, Anexo 2. En los resultados muestran una disposición en gradiente en los transectos 1, 3, 6 y 7, donde los cuadrantes que están más cercanos al centro urbano, tienen un menor porcentaje de cobertura de vegetación nativa y mayor número de parches. El transecto 4 muestra una distribución inversa. El índice de forma promedio (IFP) indica una predominancia de parches irregulares en los cuadrantes 2, 7 y 16, pero en general la diferencia entre ellos es baja ( $<0.7$ ). Finalmente, de acuerdo al índice de esparcimiento y yuxtaposición (IEY), los parches de vegetación nativa en general, tienen una alta adyacencia.

##### 3.1.2. Nivel de intervención:

En la Figura 6 se muestra el grado de hemerobia para toda la cuenca. Además, en la Tabla 4, Anexo 2 se indica el porcentaje de terreno que ocupan las distintas categorías de hemerobia en cada cuadrante. La categoría 1 que incluye las zonas de vegetación nativa, es la que ocupa mayor porcentaje en el cuadrante 6, 8, 11, 12 y 16 ( $>70\%$ ). Este resultado en los cuadrantes 6, 8, y 16, se puede explicar por que parte de ellos están dentro de reservas naturales del SNASPE (Figura 3). Otra categoría que está ampliamente representada es la 4, que alcanza altos valores en los cuadrantes 2, 3, 5 y 15 ( $>45\%$ ).

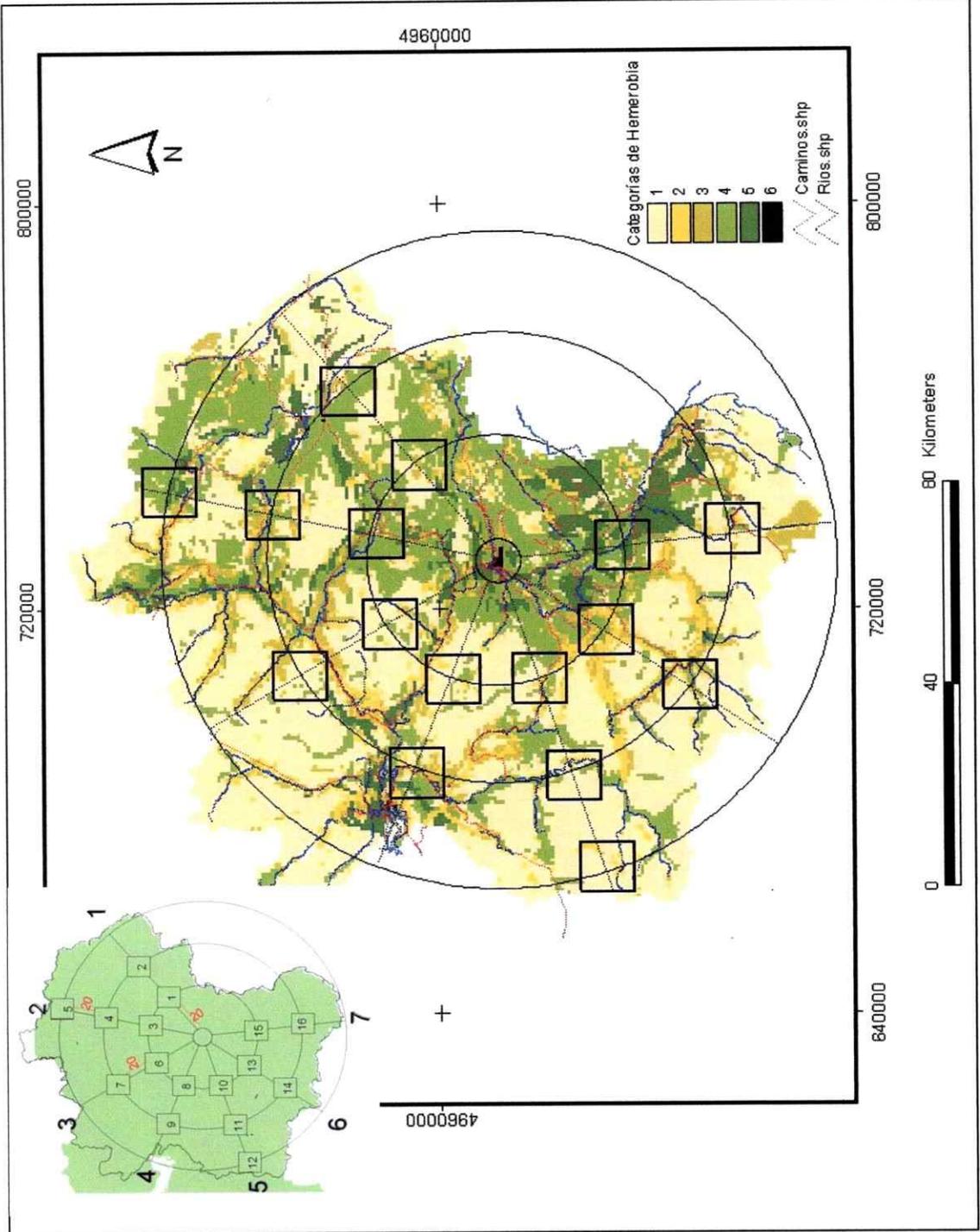


Figura 6: grado de hemerobia en la cuenca. En la esquina superior izquierda se indica el número de los transectos y cuadrantes

Al calcular el IH utilizando la ecuación 1, se obtienen los resultados que se indican en la Tabla 5, Anexo 2. En ella, se puede observar que solo en los transectos 5, 6 y 7 disminuye el nivel de intervención a medida que se aleja del centro urbano. En el transecto 4 se da una relación inversa que se podría explicar porque el cuadrante más cercano al centro urbano (8) está dentro de la reserva nacional Río Simpson y el cuadrante más alejado (9) está cerca de la ciudad de Puerto Aysén, que es la segunda ciudad más poblada en la cuenca (Figura 3).

La correlación de Kendall Tau entre la distancia al centro urbano y las métricas de paisaje resultaron no ser significativas en ningún caso, lo mismo ocurrió con el IH. Por otro lado al hacer el mismo análisis entre las métricas y el índice de hemerobia (IH), los resultados indican que existe correlación significativa entre IH y área promedio de los parches (APP), número de parches (NP) e índice del parche más grande (IPG) ( $p < 0.05$ ). Los resultados de las regresiones simples, indican que el APP sería la variable que en este lugar, se relacionaría mejor con el nivel de intervención representado por IH (Figura 7), esta correlación es significativa y negativa. Es decir, cuanto más intervenida esté una zona, menor será el área promedio de los parches.

Para corroborar si es que existe una disposición en gradiente, considerando el APP y el IH en conjunto, se hizo un análisis discriminante. Los resultados indican que no hay un agrupamiento significativo de los puntos de acuerdo a la distancia al centro urbano, entre las variables correlacionadas ( $F_{4,24} = 0.84$ ,  $p < 0.512$ ); Figura 8).

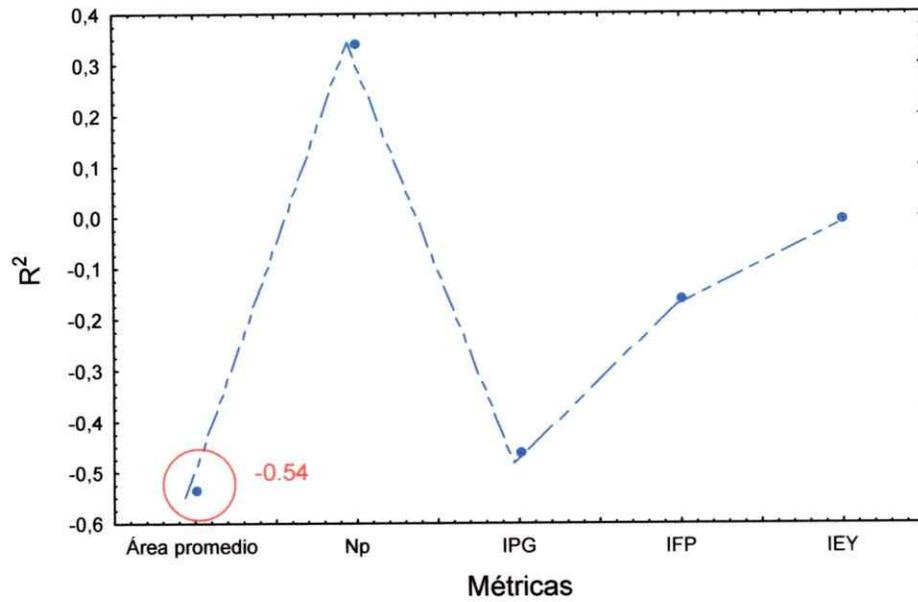


Figura 7. Gráfico que representa los valores de  $r^2$  de las correlaciones entre las métricas e IH.

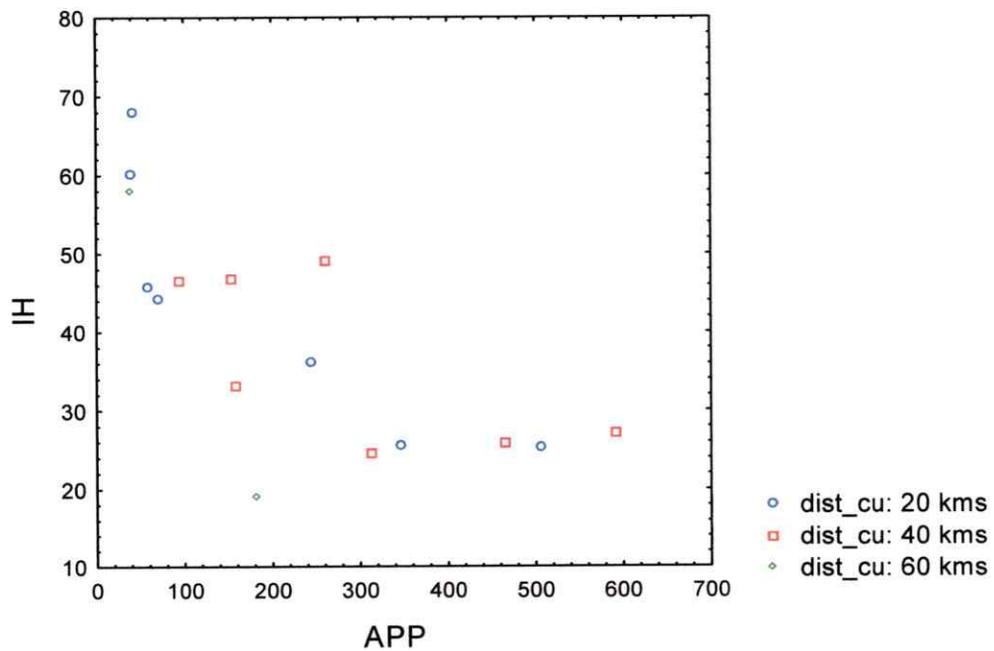


Figura 8. Correlación entre APP e IH separado por categorías de distancia al centro urbano (dist\_cu).

### 3.2 Pendiente.

En la tabla 5, Anexo 2, se indica la pendiente promedio para cada cuadrante. El mapa digital de la distribución de las pendientes en la cuenca se muestra en la Figura 7, aquí se puede observar la diferencia entre la magnitud de las pendientes en la zona este y oeste de la cuenca. Considerando este resultado, se calculó el porcentaje que está ocupado (dentro de los cuadrantes) por actividades clasificadas con categoría de intervención medio-alto (grado de hemerobia 3, 4 y 5). Esto, con el fin de tener una idea general de los patrones de distribución de las zonas de mayor intervención. Los resultados indican que el 86% de las zonas de baja pendiente está dentro de alguna de estas categorías. En este caso se consideraron como zonas de baja pendiente las que están bajo el 30 % (PRDU, 2003). En la Figura 9 se muestra esta coincidencia de forma espacial.

El análisis de regresión múltiple, que se realizó para definir cual de las variables escogidas explicaría mejor el patrón de intervención dentro de la cuenca, arrojó como resultado que la pendiente tendría una relación significativa y negativa con IH (coef.  $\beta^1 = -0.738$ ,  $p = 0.001$ ). Es decir, a menor porcentaje de inclinación de la pendiente, mayor es el nivel de intervención; mientras que la distancia al centro urbano no sería significativa (coef.  $\beta = -0.272$ ,  $p = 0.159$ )

---

<sup>1</sup>La magnitud del coeficiente  $\beta$  permite comparar la contribución relativa de cada variable independiente en la predicción de la variable dependiente.

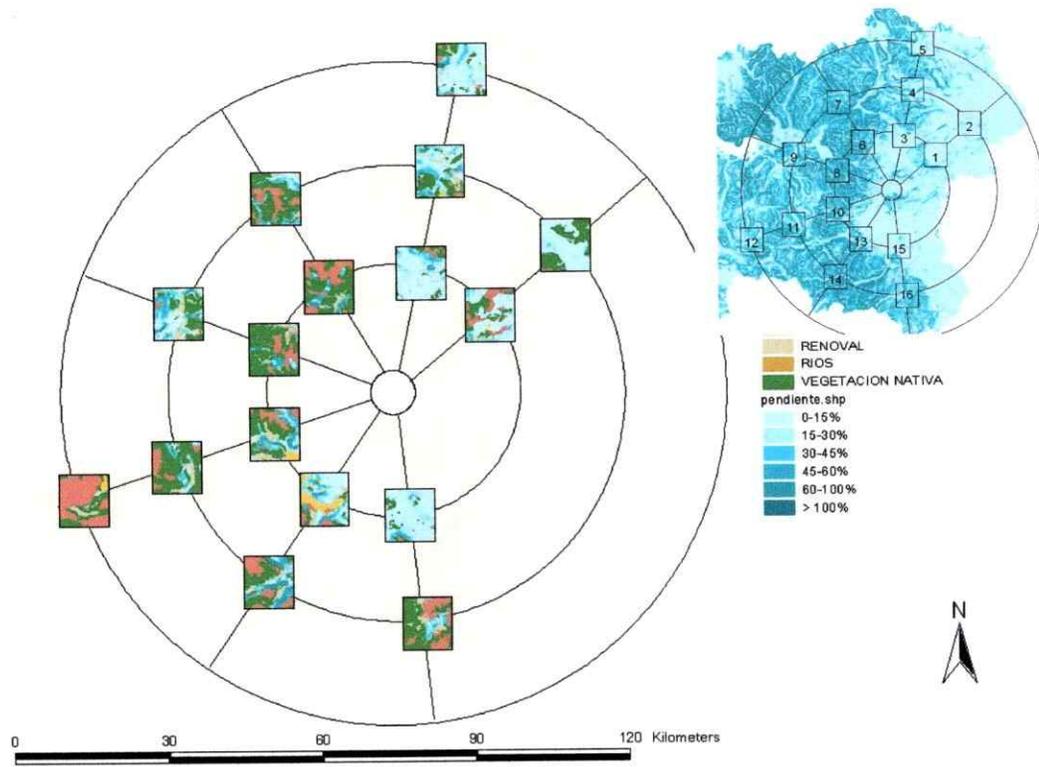


Figura 9. Coincidencia entre las capas de uso/cobertura y pendiente. En la Figura se omiten los usos dentro del grado de hemerobia 3, 4 y 5 para mostrar el porcentaje de pendiente de esas zonas.

#### 4. DISCUSIÓN

En general, los estudios sobre la estructura del paisaje tratan de relacionar las características los parches de vegetación nativa en base a métricas paisaje, con el tipo e intensidad de las actividades que se realizan en un territorio particular (Steinhard, 1999; Medley, et al 1995; Turner, et al. 2003; Zheng et al. 1997, entre otros). 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 solo indicador, sin analizar la diversidad de usos que puede tener un territorio (Martínez, 2004). En este trabajo, se utilizó el índice de hemerobia (IH), ya que se consideró como un buen indicador del nivel de intervención al incorporar varios tipos de uso/cobertura del territorio, lo cual lo hace más realista al tratar de estudiar fenómenos causados por diversos factores, como es la configuración de la estructura del paisaje (Machado, 2004; Lockaby et al, 2005).

En este trabajo, la métrica de paisaje que mejor se correlaciona con el nivel de intervención ( $r^2 = -0.54$ ), es el área promedio de los parches (APP), encontrándose una relación negativa entre estos, es decir, 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.

Además, en este caso no se encontró una relación importante con métricas como el número de parches, que generalmente se consideran como indicadores de intervención en otros estudios. Esto indica que, la relaciones entre las características de los parches y el nivel de intervención de un lugar no se puede tomar como una regla general debido, principalmente, a que existen diferencias históricas y culturales en los

cambios del uso de la tierra en cada lugar, además de diferencias metodológicas en cada estudio lo cual depende por ejemplo, del número de categorías de uso/cobertura de la tierra que se consideren y de la resolución y calidad de la imagen con que se trabaja. (Li & Wu, 2004, Herzog & Lausch, 1999 ).

Los resultados obtenidos al relacionar IH con las métricas de paisaje, permiten inferir que en el lugar no hay una tendencia de explotación que lleve a aumentar la división de los fragmentos, si no más bien a aislar los que ya existen. Este resultado confirma que el análisis de correlación entre el patrón espacial y el proceso que se estudia es un ejercicio simple pero importante ya que los resultados pueden ayudar a definir como se han configurado los cambios en el uso de la tierra en el lugar (Steinhard et al, 1999).

Respecto al análisis en gradiente, los resultados obtenidos indican que, de acuerdo a las variables consideradas en este estudio: métricas de paisaje (representado por APP) e índice de intervención (IH), no se puede establecer una disposición en gradiente en los transectos analizados. Esto porque las zonas cubiertas de vegetación nativa no presentan un patrón de aumento desde la zona urbana hacia la zona rural que sea significativo, lo que tampoco ocurre con IH, del cual se esperaría que disminuyera desde la zona urbana a la rural (Medley, et al, 1995).

Analizando el concepto de gradiente urbano rural, en su definición más utilizada, este considera que sólo existe una disminución de aspectos urbanísticos desde el centro urbano hacia la periferia (Medley et al, 1995; Martínez, 2004). Esta definición excluye otro tipo de actividad que también puede irrumpir de forma importante en el paisaje, como las extensas áreas destinadas a la explotación de los recursos naturales

que se puede dar en la zona rural, (e.g. agricultura, ganadería, silvicultura, etc.) y que seguramente influyen en la compleja estructura de este tipo de gradiente (Lockaby et al, 2005; Yarrow & Marín, 2007). En el caso de la cuenca del río Aysén por ejemplo, existe un mayor porcentaje de zonas utilizadas para la producción ganadera (13,4%) que urbana (0.1%), lo que se relaciona directamente con el proceso histórico de colonización de la región, donde se llegaron a ocupar unas 826.900 hectáreas para este tipo de actividad hacia el año 1904 (Ortega & Brüning, 2004).

Otro aspecto importante que actualmente influye de forma determinante en la estructura del paisaje son los planes de ordenamiento territorial o las restricciones políticas en el cambio de uso de suelo, en el caso de que estos existan (Lausch & Herzog, 2002, Herzog et al, 2001). En la región de Aysén la existencia de Parques y Reservas naturales, tienen una gran influencia en la distribución de elementos del paisaje como caminos o cobertura de vegetación nativa. Además desde el año 2004 existe un Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) que define los escenarios de desarrollo deseable para la zona (SERPLAC, 2005). Esta herramienta política, determinará la estructura del paisaje a escala regional la cual no necesariamente coincide con una disposición en gradiente.

Por otra parte, la coincidencia espacial entre las zonas de pendientes bajas y las zonas más intervenidas se corroboró de forma cuantitativa. El hacer esta correlación, que aunque a simple vista parece evidente, permite corroborar que la intervención y la distribución de los parches de vegetación nativa no están influenciadas por la distancia al centro urbano, sino que en este caso está relacionado con la topografía.

Finalmente, es importante destacar que este trabajo es un ejemplo de que el concepto de "gradiente urbano-rural" no se aplica de forma general, por lo tanto, no se puede considerar como un paradigma, tal como lo establece McDonnell et al. (1997), quienes sugieren que el uso de técnicas estándar de gradientes "provee una nueva aproximación para dirigir preguntas ecológicas básicas y problemas ambientales entregando una guía de trabajo mecanicista". Esto se evidencia al considerar que el desarrollo de las ciudades tiene un proceso de desarrollo asociado a una cultura y un territorio particular.

Por el contrario y considerando los antecedentes entregados, se puede afirmar que la estructura del paisaje depende de diversos factores, por lo tanto un solo criterio como la distancia a un centro urbano, no puede establecerse como determinante en el nivel de intervención o en distribución de los parches de vegetación nativa.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Bastian O, 2001. Landscape ecology – towards a unified discipline?. *Landscape ecology* 17: 757 – 766.

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.

Delgado LE y Marín VH, 2005. FES-sistemas: un concepto para la incorporación de las sociedades humanas en el análisis medioambiental en Chile. *Ambiente y Desarrollo* 21(3).

Delgado L y Yarrow M, 2005. Deliverable 1.4. Report on: Maps of land use and vegetation cover Aysén – Chile. Proyecto ECOManage, [en línea]. <http://antar.uchile.cl> [consulta] 9 de marzo, 2006.

Dutilleul P, 1998. Incorporating scale in ecological experiments: study desing. En: Peterson, D. L. & Parker V. T. (eds). *Ecological scale. Theory and applications*. Pp. 369-386. Columbia University press, New York.

De Miguel J, Casado M, Acosta B, Del Pozo A, Ovalle C, Hepp C, Helizalde H, Zagal E, Gerding M, Barrera J, Finot L, 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 Aysén (Chile). [en línea] <http://www.inia.cl/geam/Proyectos/Biodiversidad.pdf#search=%22%22de%20miguel%22%20aysen%22> [consulta] 6 de abril, 2006.

Forman R Y Godron M. 1986. *Landscape ecology*. John Wiley & Sons, Nueva York.

Hammer R D, 1998. Space and time in the soil landscape: the ill-defined ecological universe. In: Peterson, D. L. & Parker V. T. (eds). *Ecological scale. Theory and applications*. Pp. 105-140. Columbia University press, New York.

Herzog F y Lausch A, 1999. Prospects and limitations of the application of landscape metrics for landscape monitoring. In: Maudsley M. & Marshall J. (eds.). *Heterogeneity in Landscape Ecology: Pattern and Scale*. pp 41 - 50. Aberdeen, IALE(UK).

Herzog F, Lausch A, Müller E, Thulke H, Steinhardt U, Lehmann S, 2001. Landscape Metrics for Assessment of Landscape Destruction and Rehabilitation. *Environmental Management* Vol. 27, No. 1, pp. 91-107.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Base de datos CENSO 2002, [CD-ROM], Chile.

Lausch A y Herzog F, 2002. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators* 2: 3 – 15.

Li H y Wu J, 2004. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology* 19: 389-399.

Lockaby B, Zhang D, Mcdaniel J, Tian H, Pan S, 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. [En línea] [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) [consulta] 3 de mayo, 2006.

Medley, KE; Pickett, STA; McDonell, MJ, 1995. Forest-landscape structure along an urban-to-rural gradient. *Professional Geographer* Vol. 47, no. 2, pp. 159-168.

Moizo P, 2004. La percepción remota y la tecnología SIG: una aplicación a la ecología del paisaje, *GeoFocus* nº 4 pp. 1-24. [En línea] [http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo1\\_2004.pdf#search=%22la%20percepcci%C3%B3n%20remota%20y%20la%20tecnologia%20sig%22](http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo1_2004.pdf#search=%22la%20percepcci%C3%B3n%20remota%20y%20la%20tecnologia%20sig%22) [consulta] 20 marzo, 2006.

McDonnell MJ, Pickett STA, 1990. Ecosystem Structure and Function along Urban-Rural Gradients: An Unexploited Opportunity for Ecology. *Ecology*, Vol. 71, No. 4, pp. 1232-1237

McGarigal K, Cushman S, Neel C y Ene E, 2002 (a). FRAGSTATS version 3.3: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. University of Massachusetts, Amherst. [en línea] <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>: [consulta] 6 de septiembre, 2005.

McGarigal K, Cushman S, Neel C y Ene E, 2002 (b). FRAGSTATS version 3.3: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, users manual. University of Massachusetts, Amherst. [en línea] [http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats\\_documents.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats_documents.html) [consulta] 6 de septiembre, 2005.

McGarigal K, Cushman S, 2002. The gradient concept of landscape structure. In Wiens J y Moss M, eds. *Issues and Perspectives in Landscape Ecology*. Pp112-119 Cambridge University Press, Cambridge. [en línea] [http://www.umass.edu/landeco/pubs/Gradients\\_short.pdf](http://www.umass.edu/landeco/pubs/Gradients_short.pdf) [consulta] 7 de enero, 2007.

Nagashima K, Sands R, Whyte A, Bilek E, Nakagoshi N, 2002. Regional landscape change as a consequence of plantation forestry expansion: an example in the Nelson region, New Zeland. *Forest ecology and management* 163: 245 - 261.

Naveh Z, 1987. Biocybernetic and thermodynamic perspectives of landscape functions and land use patterns. *Landscape Ecology* vol. 1 no. 2 pp 75-83. SPB Academic Publishing.

Naveh, Z, 2001. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. *Landscape and urban planning* 57: 268 - 284.

Ortega H y Brüning A, 2004. Aysén, panorama histórico y cultural, XI región. [en línea] <http://www.aisenpanorama.cl>. [consulta] 5 de mayo, 2006.

Pickett, STA y Cadenasso M, 1995. Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems, *Science*, 269:331-334.

Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo (SERPLAC) XI Región de Aysén, 2003. Estudio Actualización Plan Regional de Desarrollo Urbano de la Región de Aysén. [En línea] <http://www.planregional.cl/xiregion/datos/ftp/LINEAM.doc> [consulta] 7 de enero, 2007.

Secretaría Regional Ministerial de Planificación y Coordinación (SERPALC) XI Región de Aysén, (2005). Plan Regional de Ordenamiento Territorial. Coyhaique, Chile. [en línea]. <http://serplac11.serplac.cl/link.cgi/Publicaciones/278> [consulta]. 10 de Diciembre, 2005

Servicio de información territorial de la biblioteca del congreso nacional de Chile. [En línea] <http://www.bcn.cl/portada.html>. [consulta] 3 de mayo, 2006.

StatSoft, Inc. (2001). STATISTICA (data analysis software system), version 6.0 [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Steinhardt U, Herzog F, Lausch A, Müller E y Lehmann S, 1999. Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation. En: Pykt Y., Hyatt D., Lenz R. (eds) Environmental Indices, System Analysis Approach. Oxford, EOLSS publ. pp 237-254. [en línea] [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) [consulta] 3 de mayo, 2006.

Tognetti S, 1999. Science in a double-bind: Gregory Bateson and the origins of post-normal science. *Futures* 31 i7: 689-698.

Turner M., Gardner R. y O'Neill R. V., 2001. Landscape ecology in theory and practice, pattern and process. Springer-Verlag New York Inc.

Turner M, Pearson S, Bolstad P y Wear D. 2003. Effects of land-cover change on spatial pattern of forest communities in the Southern Apalachian Mountains (USA). *Landscape Ecology* 18:449-464.

Vande-Castle J, 1998. Remote sensing applications in ecosystem analysis. In: Peterson D L & Parker V T (eds). Ecological scale. Theory and applications. Columbia University press, New York.

Yarrow M, Marín VH. 2007. Toward Conceptual Cohesiveness: a Historical Analysis of the Theory and Utility of Ecological Boundaries and Transition Zones. *Ecosystems*. [en línea] <http://www.springerlink.com/content/v307n8102452u088/fulltext.pdf> [consulta] Abril 2007.

Zheng D, Walling D y Hao Z, 1997. Rates and pattern of landscape change between 1972 and 1988 in the Changbai Mountain-area of China and North Korea. *Landscape Ecology* 12: 241-254.

## 6. ANEXOS

### 1 Métricas:

Formulas utilizadas para calcular las métricas de paisaje.

Métrica	Formula	Notación
Área total de cada clase	$ATC = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{10000}$	$a_{ij}$ = área (m <sup>2</sup> ) del parche $ij$ /10000 para convertirlo a hectáreas
Número de parches	$NP = n_i$	$n_i$ = número de parches de clase $i$ en el paisaje.
Porcentaje de paisaje	$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	$P_i$ = proporción de paisaje ocupado por parches de clase $i$ . $a_{ij}$ = área (m <sup>2</sup> ) del parche $ij$ . $A$ = área total del paisaje (m <sup>2</sup> ).
Área promedio de los parches	$AP = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i}$	$a_{ij}$ = área (m <sup>2</sup> ) del parche $ij$ . $n_i$ = número de parches de clase $i$ en el paisaje.
Índice del parche más grande	$IPG = \frac{\max_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	$a_{ij}$ = área (m <sup>2</sup> ) del parche $ij$ . $A$ = área total del paisaje (m <sup>2</sup> ).
Índice de forma promedio	$IFP = \frac{e_i}{\min e_i}$	$e_i$ = perímetro del parche $i$ $\min e_i$ = mínimo perímetro posible del parche $i$ $n_i$ = número de parches de clase $i$ en el paisaje. $IFP \geq 1$ , sin límite $IFP = 1$ , parche compacto $A$ mayor $IFP$ , mas desagregado será el parche.
Índice de esparcimiento y yuxtaposición	$IYI = \frac{-\sum_{k=1}^m \left[ \left( \frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \ln \left( \frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m-1)} (100)$	$e_{ik}$ = largo total (m) del borde entre los parches de clase $i$ y $k$ . $m$ = número de clases de parche presente en el paisaje.

2 Tablas

Tabla 3: Métricas de composición y configuración espacial de los parches de vegetación nativa en cada cuadrante.

Transecto	Cuadrante	Composición				Configuración espacial		
		ATP (ha)	APP (ha)	%CP	NP	IPG	IFP	IEY
1	1	1638.72	68.28	18.26	24	10.00	1.75	63.17
	2	2868.96	260.42	31.84	16	11.92	2.1	68.51
2	3	615.20	39.06	3.41	15	1.74	1.69	70.10
	4	1946.08	92.67	21.60	21	9.10	1.74	81.66
	5	1082.88	38.67	12.04	28	4.69	1.47	83.33
3	6	3792.64	344.79	42.08	11	21.28	1.86	84.40
	7	4141.12	591.59	45.94	7	29.92	2.14	85.09
4	8	5042.56	504.26	55.94	10	34.49	1.85	82.95
	9	1993.60	153.35	22.12	13	9.94	1.62	61.45
5	10	2905.44	242.12	32.23	12	21.54	1.68	83.70
	11	5104.00	464.00	56.63	11	54.28	1.77	98.58
	12	1983.20	180.29	22.00	11	14.74	1.7	59.76
6	13	520.96	57.88	5.79	9	2.90	1.78	73.04
	14	2779.20	157.51	30.83	15	8.78	1.92	55.09
7	15	611.84	40.79	6.90	15	3.03	1.78	80.16
	16	3789.12	311.58	42.57	9	16.04	2.80	70.66

Tabla 4: Porcentaje del área que ocupa cada categoría de hemerobia respecto a la superficie total de cada cuadrante.

Transecto	cuadrante	Grado de Hemerobia				
		1 Ahemerobia	2 Oligohemerobia	3 Mesoemerobia	4 $\beta$ -euhemerobia	5 $\alpha$ -euhemerobia
1	1	38.98	4.21	10.80	43.52	2.48
	2	32.90	0.07	7.41	58.81	0.81
2	3	10.60	6.08	3.56	70.27	9.49
	4	24.18	13.83	22.73	36.85	2.41
	5	15.53	5.47	9.18	55.31	14.51
3	6	75.30	7.73	4.90	12.07	0.00
	7	69.68	4.90	18.52	6.89	0.00
4	8	74.68	9.68	4.49	11.15	0.00
	9	25.06	19.43	13.49	33.46	8.56
5	10	47.74	16.76	4.94	30.56	0.00
	11	73.58	8.83	6.22	11.36	0.00
	12	87.03	11.79	0.89	0.29	0.00
6	13	13.39	30.56	26.37	27.28	2.40
	14	55.07	9.68	18.02	15.63	1.60
7	15	7.65	2.54	2.76	47.29	39.76
	16	75.82	10.15	5.58	6.89	1.57

Tabla 5: Índice de hemerobía y pendiente para cada cuadrante. Además se incluye como referencia, el IH para un cuadrante de igual dimensión que los anteriores pero que incluye la zona del centro urbano.

<i>Transecto</i>	<i>Cuadrante</i>	<i>IH</i>	<i>Pendiente promedio</i>
1	1	44.38	13.20
	2	49.09	10.31
2	3	60.33	16.88
	4	46.58	24.35
	5	57.97	17.61
3	6	25.62	47.00
	7	27.11	43.16
4	8	25.35	53.50
	9	46.84	35.67
5	10	36.38	42.84
	11	25.89	37.54
	12	19.07	27.72
6	13	45.79	29.97
	14	33.17	52.54
7	15	68.17	13.71
	16	24.71	32.02
	Centro urbano	72.14	

### 3 Glosario de términos:

- Cambio:** modificación de la estructura y función de los paisajes en el tiempo.
- Composición:** variedad y abundancia de los tipos de parches dentro del paisaje sin considerar el aspecto espacial.
- Configuración:** arreglo, posición y orientación de los parches de los parches en el espacio.
- Escala:** nivel de observación, se refiere a la dimensión espacial o temporal de un objeto o proceso, donde las partes están definidas por la proximidad espacial.
- Estructura:** Relación espacial entre los ecosistemas que componen el paisaje.
- Función:** Interacción o flujos entre los elementos espaciales.
- Nivel de intervención:** nivel de modificación de un ecosistema original por efectos antropogénicos, sumado la dificultad para que el ecosistema se regenere, y a la cantidad de elementos antropogénicos que contenga (Martínez, 2004)
- Heterogeneidad:** Variabilidad de un patrón, puede ser espacial o temporal y depende la escala de interés del observador.
- Mapa digital:** Mapa creado en base a una imagen satelital o foto aérea donde las temáticas detectados se representan en forma de polígonos o grillas.
- Métricas de paisaje:** grupo de índices que permiten cuantificar la composición de un paisaje y su configuración espacial.
- Parche:** áreas de interés para el estudio, las cuales son internamente homogéneas, no lineales, se diferencian de todo lo que lo rodea y se puede repetir dentro del paisaje.
- Percepción remota:** obtención de información de un objeto o fenómeno, por medio de un dispositivo que no tiene contacto físico con el objeto que se está analizando.
- Sistemas de Información geográfica:** Herramienta que permite almacenar, manipular, analizar y exhibir datos espaciales.
- Zona de protección:** Zonas que en su generalidad, superan los umbrales de habitabilidad en los cuales la explotación de recursos está limitada por fragilidad ambiental, y por condición de riesgo.
- Zona Urbana:** concentra características de tipo urbano en lo que se refiere a uso y ocupación del suelo, densidad poblacional, servicios y funciones; y los límites deben ser establecidos por cada municipalidad. ([www.bcn.cl/portada.html](http://www.bcn.cl/portada.html))
- Zona Rural:** todo lo que se ubica fuera de los límites de la zona urbana en una región determinada y en la cual se desarrolla principalmente actividad agrícola.