



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Análisis de la estructura del paisaje en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

Patrocinante: Sr. Víctor Sandoval.

Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al título de **Ingeniero Forestal**

MARCELO EDUARDO ORTEGA SALAZAR

VALDIVIA

2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Víctor Sandoval Vásquez	<u>5,2</u>
Informante:	Sra. Karla Locher Krause	<u>5,4</u>
Informante:	Sra. Sandra Molina Asenjo	<u>5,3</u>

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Víctor Sandoval Vásquez

*A mis amados padres Miriam y
Alejandro...*

GRACIAS INFINITAS

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a todos los integrantes de mi familia que me han permitido cumplir este ansiado logro, en especial a mis padres por darme la oportunidad de estudiar y vivir de manera plena. Agradezco a todas las personas que me han ayudado a completar este largo y esforzado camino llamado Universidad...

A don Víctor Sandoval por toda la paciencia, ayuda sus constantes y sabios consejos durante la realización de este trabajo...

A Sandra Molina por introducirme al interesante mundo de los Sistemas de información Geográfica...

A Karla Locher por sus consejos y correcciones, además de su ayuda con la base de datos y coberturas digitales que permitieron el desarrollo de este trabajo...

A la profesora Rosa alzadora por su simpatía, y buena disposición a la hora de ayudarme con mi practica Profesional...

A don Patricio Carey por su continua colaboración y enseñanzas durante el periodo compartido durante mi paso por el énfasis de Ingeniería y Producción

A ti Natalia por tu constante amor y apoyo incondicional durante estos dos últimos años

INDICE DE MATERIAS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO TEORICO	3
2.1	Ecología del paisaje	3
2.1.1	<i>Definiciones de paisaje</i>	4
2.2	Composición del paisaje	4
2.2.1	<i>Los parches</i>	5
2.2.2	<i>Los corredores</i>	5
2.2.3	<i>La matriz</i>	5
2.3	La fragmentación de hábitats	6
2.3.1	<i>Efectos De La Fragmentación</i>	6
2.4	Indicadores de deforestación y fragmentación de hábitats	9
2.4.1	<i>Niveles de agregación de los indicadores de fragmentación de hábitats</i>	10
2.4.2	<i>Clasificación de los índices de fragmentación de hábitats</i>	10
3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	11
3.1	Área de estudio	11
3.1.1	<i>Ubicación</i>	11
3.1.2	<i>Clima</i>	12
3.1.3	<i>Relieve</i>	12
3.2	Clasificación de los usos de suelo	13
3.3	Composición del bosque nativo	13
3.4	Información Cartográfica	14
3.5	Software a utilizar	14
3.5.1	<i>ArcView GIS 3.2</i>	14
3.5.2	<i>Patch analyst</i>	15
3.5.3	<i>Fragstats v3.3</i>	15
3.6	Metodo	15
3.6.1	<i>Esquema y método de clasificación de los usos de suelo</i>	15
3.6.2	<i>Índices usados para caracterizar el paisaje</i>	16
3.6.3	<i>Índices de Composición del paisaje</i>	16
3.6.4	<i>Índices de configuración espacial del paisaje</i>	17

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1	Composición de fragmentos del paisaje por clase en la sexta región	21
4.1.1	<i>Área de clase (CA)</i>	21
4.1.2	<i>Número de parches (NP)</i>	21
4.1.3	<i>Densidad de parche (PD)</i>	22
4.1.4	<i>Tamaño medio de parches (MPS)</i>	23
4.2	Composición de fragmentos del paisaje por clase en la sexta región	25
4.2.1	<i>Índice de forma de (MSI)</i>	25
4.2.2	<i>Índice de Dimensión fractal (MPFD)</i>	27
4.2.3	<i>Índice de aislamiento y proximidad (MPI)</i>	28
4.2.4	<i>Media del vecino más cercano (MNN)</i>	28
4.2.5	<i>Índice de Interdispersión y Yuxtaposición (IJI):</i>	31
4.3	Áreas núcleo	31
4.6.3	<i>Índice de área núcleo (CAI)</i>	33
5.	CONCLUSIONES	33
6.	BIBLIOGRAFIA	34
	ANEXOS	40
1	Abstract and keywords	
2	Sistema de clasificación de la vegetación según categoría de uso	
3	Estadística tamaño de parche	
4	Estadística índice de forma	
5	Estadística Dimensión fractal	
6	Estadística Índice Proximidad Medio	
7	Estadística vecino más cercano	
8	Estadística Índice de Dispersión y Yuxtaposición	

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Superficie de categorías de uso de suelo en la VI región en el año 2005	13
Cuadro 2.	Superficie de composición del Bosque Nativo según estructura y Tipo Forestal.	14
Cuadro 3.	Esquemas de clasificación de los usos de suelo	15
Cuadro 4	Correlación entre índices de composición	21
Cuadro 5	Índices de composición por clase de uso de suelo	22
Cuadro 6	Test de Shapiro-Wilk para la densidad de parche	22
Cuadro 7	Prueba de normalidad para el tamaño de parche	24
Cuadro 8	Test de Kruskal-Wallis para el tamaño de parche	24
Cuadro 9	Correlación entre índices de configuración espacial	25
Cuadro 10	Índices de configuración espacial de usos de suelo	26
Cuadro 11	Test de Kruskal-Wallis para la dimensión fractal	28
Cuadro 12	Test de Shapiro-Wilk para el Índice de Proximidad medio	29
Cuadro 13	Test de Kruskal-Wallis para la distancia al vecino más cercano	30
Cuadro 14	Índices de Área Núcleo según estructura y tipo forestal	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Zona de estudio	11
Figura 2	Distribución Densidad Parches	23
Figura 3	Distribución de parches según tamaño	24
Figura 4	Distribución para el índice medio de forma	27
Figura 5	Distribución Índice medio de Dimensión fractal.	28
Figura 6	Distribución de Índice de Proximidad	29
Figura 7	Distribución de valores para la media del vecino más cercano	30
Figura 8	Distribución índice Yuxtaposición y aislamiento	31

RESUMEN EJECUTIVO

Se analiza la composición y configuración espacial del paisaje del año 2005 para la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins de la zona central de Chile, región que abarca una superficie de 16.334 km², en donde se determinó que las praderas y matorrales (33,6%), los terrenos agrícolas (26,1%), la áreas desprovistas de vegetación (19%) y el Bosques con un (19,3%) son las clases de uso dominantes.

Dentro de la superficie cubierta por bosques las formaciones naturales están constituidas por una superficie de 195.604,3 ha las cuales se componen de cinco tipos forestales con diferentes estructuras, siendo el de mayor importancia el bosque renoval Esclerófilo (169,572 ha) y el menos presente es el bosque renoval Siempreverde (12,5 ha).

Se observan un total de 5.857 parches para el paisaje, los cuales muestran una distribución hacia los tamaños menores de parche, siendo el 64% inferior a las 24 ha y tan solo un 6% superior a las 300 ha.

Los bosque renoval Siempreverde (MSI=2,74) y adulto de Palma Chilena (MSI=3,32) son los que presentan formas más complejas y los adultos de Ciprés de la Cordillera (MSI=1,38) son los de formas más sencillas, lo que da una idea del grado de disturbio que han sufrido estos hábitats.

Los terrenos agrícolas resultaron ser la clase de uso de suelo más dispersa (IJI=54,27) y los bosques adultos de Ciprés de la Cordillera la más fragmentada (MPI=0,4) de la región pese a ser la que posee la menor distancia media entre su parches (369,5 m), ya que se encuentran interrumpidos por una matriz de terrenos agrícolas, praderas, matorrales y plantaciones de variados tamaños y ubicaciones.

La cantidad de parches del paisaje que no sufren efecto borde se reduce a 957 áreas núcleo y solo 277 de ellos pertenecen a bosques nativos, de los cuales los tipos forestales Siempreverde y Palma Chilena prácticamente no poseen área núcleo (TCA=0 y TCA=0,4 ha respectivamente) lo que a largo plazo podría significar la pérdida de estos ecosistemas.

Palabras clave: Área núcleo, ecología del paisaje, fragmentación, Región de O'Higgins

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje, entendido como un territorio de características heterogéneas, comprende un mosaico de espacios naturales y antrópicos que definen patrones espaciales y temporales como resultado de complejas interacciones entre factores físicos, biológicos, sociales y económicos. Que suponen una relación entre la configuración espacial y los procesos ecológicos (Forman & Godron 1986; O'Neill et al. 1988; Forman 1995). En este contexto, los cambios de uso-cobertura del suelo transforman los espacios rurales, los procesos ecológicos y los patrones de biodiversidad (Turner 1990; Collado & Dellafiore 2003; Saunders et al. 1991).

La caracterización espacial de los paisajes, producto de estas relaciones, es estudiada por la Ecología del paisaje, involucrando el análisis de los elementos, patrones e interacciones que determinan su estructura, función y evolución. A escalas diversas a fin de entender la implicancia o magnitud de estos cambios para los procesos ecológicos (Forman & Godron 1986; Forman 1995; Turner et al. 1989).

Muchos estudios y avances en la ecología del paisaje han rebelado que la composición y configuración del paisaje tiene un fuerte impacto en la diversidad local (Dauber, 2003). Es decir, la calidad del hábitat es un factor importante que determina la cantidad y variedad de especies (Dauber, 2003; Rocchini, 2005). Por ello, para el mantenimiento de la biodiversidad, es necesaria una correcta gestión desde el punto de vista de la ordenación territorial a través del mantenimiento adecuado de los parches de los distintos ecosistemas presentes en el paisaje (Waldhardt, 2003). De este modo, un análisis a nivel de paisaje sirve de herramienta tanto para la conservación de la biodiversidad (Rocchini, 2005) como para una gestión territorial sostenible (García, 2003; Waldhardt, 2003; Dauber, 2003).

A través de la aplicación e interpretación de una serie de índices y métricas se analiza la estructura del paisaje sobre coberturas digitales categorizadas con los usos y/o sub-usos de suelo definidos por el Catastro de Bosque Nativo según estructura y Tipos forestales. De esta forma, se caracteriza por una parte, la composición del paisaje aplicando índices como el número, densidad y tamaño de los parches componentes del paisaje (Bissonette 1997; Gustafson 1998; McGarigal 2002), y por otra, los de carácter espacial que analizan la forma, aislamiento y proximidad, dispersión y áreas núcleo.

El presente estudio se focaliza en analizar la estructura del paisaje en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, en la cual debido a la intensa ocupación humana desde épocas tempranas, junto a la intensa actividad agrícola en ellos desarrollada, sus bosques nativos fueron destruidos, especialmente el bosque Esclerófilo y los de Roble-Hualo que además han sido reemplazados por especies exóticas como el pino, álamos y eucaliptos (Pro-O'higgins, 2001). En épocas posteriores, los incendios forestales fueron los que afectaron a las distintas reservas ubicadas en la cordillera de los Andes, y esto ha significado la destrucción y pérdida de patrimonio natural importante (BCN, 2005). Por lo que resulta necesario tener información actualizada de la situación actual del paisaje y bosques de la región.

Objetivo general

Caracterizar y evaluar la estructura del paisaje presente en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins en el año 2005.

Objetivos específicos

Evaluar por medio de índices la composición y configuración espacial la región del Libertador General Bernardo O'Higgins en el año 2005.

Determinar y evaluar las condiciones de Fragmentación de los usos de suelo en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins en el año 2005.

2. MARCO TEORICO

2.1 Ecología del paisaje

En cuanto al concepto de Ecología del paisaje se dice que:

Durante los últimos años, la ecología del paisaje se centra en (1) las relaciones espaciales entre los elementos del paisaje, o ecosistemas, (2) los flujos de energía, nutrientes minerales y especies entre los elementos que lo forman y (3) las dinámicas ecológicas del paisaje a lo largo del tiempo (Forman, 1983).

La ecología del paisaje es motivada por una necesidad de entender el desarrollo y dinámica de patrones en la ecología, el papel de las perturbaciones en los ecosistemas, y las características espaciales y temporales de los sucesos ecológicos (Urban et al., 1987).

Es el estudio de los efectos recíprocos de los patrones espaciales en los procesos ecológicos. La ecología del paisaje promueve el desarrollo de modelos y teorías de relaciones espaciales, la obtención de nuevos tipos de datos sobre patrones espaciales y dinámicos y el estudio de escalas espaciales poco usadas en ecología (Pickett & Cadenasso, 1995).

La ecología del paisaje está en gran parte fundamentada en la idea que sostiene que la estructura del paisaje, el tipo de distribución o reparto espacial de los elementos del mismo en el territorio, es determinante en los procesos ecológicos que en él se desarrollan (Turner, 1989). Por ejemplo, los hábitats donde viven los organismos están estructurados espacialmente, y estos patrones de distribución interactúan con el comportamiento y la percepción de dichos organismos hasta niveles superiores en los procesos de dinámica de poblaciones y en la estructura de las comunidades. Las actividades del hombre (como la construcción de nuevas infraestructuras) pueden interrumpir la continuidad estructural del paisaje y pueden impedir, y en algunos casos favorecer los flujos ecológicos (como el movimiento de los organismos y su material genético) a través del paisaje (McGarigal y Marks, 1995). Una interrupción de los patrones que conforman el paisaje puede comprometer su integridad funcional interfiriendo en procesos ecológicos críticos y necesarios para la persistencia de las poblaciones y el mantenimiento de la biodiversidad (With, 1999). Debido a estas razones, en los últimos años, se han desarrollado numerosos estudios encaminados a elaborar métodos para cuantificar estos patrones espaciales del paisaje, requisito necesario para estudiar su relación con los procesos ecológicos. La consecuencia de estos estudios ha sido la aparición de cientos de índices para medir la configuración y la composición del paisaje, proceso que ha sido facilitado por la aparición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), pero, desafortunadamente a veces lo que puede ser medido y cartografiado se confunde con las estructuras del paisaje que son relevantes desde el punto de vista ecológico (Gustafson, 1998).

2.1.1 Definiciones de paisaje

Hay muchas formas diferentes de interpretar el término “paisaje”. La disparidad entre las definiciones hace complicado establecer herramientas adecuadas para su gestión. Todas las definiciones de paisaje, coinciden en que es una superficie del terreno que contiene un mosaico de parches o de elementos de paisaje (McGarigal y Marks, 1995).

Forman y Godron en 1986 definieron el paisaje como “una porción heterogénea de terreno compuesta por un grupo de ecosistemas que interactúan entre sí y se repiten de forma similar a través del mismo”. Este concepto difiere del concepto tradicional de ecosistema, puesto que se centra en grupos de ecosistemas y en las interacciones que hay entre ellos.

Con respecto a su tamaño, si nos centramos en el punto de los organismos que viven en el paisaje, cada uno de ellos tiene una escala de percepción diferente, por lo tanto el tamaño del paisaje varía en función de la superficie que ocupe el mosaico de parches que sean significativos para el organismo en cuestión.

Desde un punto de vista antropogénico, Forman y Godron en (1986) sugirieron que el límite inferior para la superficie de un paisaje son “unos pocos kilómetros de diámetro”, aunque también reconocieron que la mayor parte de los principios de la ecología del paisaje, se podían aplicar a cualquier escala. Esta última percepción del tamaño del paisaje, es más pragmática que la primera, puesto que corresponde con la visión humana del medio que nos rodea, pero tiene una utilidad limitada en la gestión de la naturaleza, puesto que no acepta que cada organismo ve el paisaje a una escala diferente.

Los paisajes no existen de forma aislada, cada paisaje anida en uno más grande que a su vez anida en otro mayor y así sucesivamente, o sea, cada paisaje se sitúa en un contexto o situación regional diferente independientemente de la escala o de cómo esté definido. De hecho, los paisajes son sistemas abiertos, energía, materia y organismos entran y salen del mismo (McGarigal y Marks, 1995). Se debe tener en cuenta, que muchas veces, los paisajes son delineados arbitrariamente, atendiendo sólo a cuestiones administrativas, por lo tanto a la hora de trazar sus fronteras se debe atender a cuestiones ecológicas, y no a barreras artificiales.

2.2 Composición del paisaje

Según el modelo de Forman (1995), el paisaje se compone de tres elementos espaciales: los parches, los corredores y la matriz. El tamaño y la configuración de estos elementos dentro del paisaje definen la estructura del mismo.

Para el estudio del paisaje se identifican primero los elementos que lo componen y que determinan su estructura. Estos elementos del paisaje son definidos como las unidades o elementos ecológicos básicos, relativamente homogéneos sean éstos de

origen natural o antrópico. Los animales, plantas, biomasa, energía, agua y nutrientes minerales están distribuidos heterogéneamente en estos elementos que varían en tamaño, forma, número, tipo, configuración y corresponden a (Forman & Godron, 1986):

2.2.1 Los parches

Son unidades homogéneas de terreno con características que permiten distinguirlo o diferenciarlo claramente de lo que lo rodea; el paisaje se encuentra compuesto por un mosaico de estos parches que representan a distintos ecosistemas. A lo largo de la historia de la ecología, las unidades básicas del paisaje se han denominado de formas distintas, como por ejemplo ecótopo, biotopo, componente del paisaje, unidad de paisaje, célula de paisaje, etc. cualquiera de estos términos, una vez definidos correctamente es válido. De la misma forma que ocurre con el paisaje, los parches que lo componen deben ser definidos en función del fenómeno ecológico que se esté considerando. Desde un punto de vista ecológico, los parches representan áreas discretas bajo condiciones medioambientales relativamente homogéneas. Sus fronteras se distinguen porque presentan discontinuidades en las características medioambientales de su entorno o en las magnitudes relevantes para el organismo o el fenómeno ecológico que se considere (Wiens, 1976).

2.2.2 Los corredores

Los corredores son elementos lineales del paisaje que se definen como “franjas estrechas de terreno que se diferencian de la matriz a ambos lados. Los corredores pueden ser franjas aisladas, pero también pueden ser parches adjuntos de vegetación similar. La función de los corredores varía, como en los demás casos, del organismo que se considere, debido a las diferencias que existen en la percepción de cada uno de ellos del medio que les rodea (Forman y Godron, 1986).

2.2.3 La matriz

La matriz se compone del elemento más extensivo y más conectado del paisaje, y que por tanto juega el rol dominante en el funcionamiento del mismo. Por ejemplo, en un área continua de bosque maduro, interrumpido por pequeñas manchas de matorral, el tipo de elemento que constituye la matriz es el bosque maduro, porque es el que tiene el área más grande, es el más conectado y el que ejerce una mayor influencia en los procesos ecológicos de la flora y la fauna. En la mayor parte de los casos se distingue la matriz de forma evidente, pero en otros no es fácil. De hecho la elección de la matriz depende del proceso que estamos considerando. Tomando el ejemplo anterior, si se trabaja a una escala más basta, las tierras agrícolas pueden constituir la matriz donde están embebidas parches de bosque maduro. En definitiva, la matriz del paisaje debe ser elegida en función de la escala y del fenómeno ecológico que se considere (Forman y Godron, 1986).

2.3 La fragmentación de hábitats

Los parches que componen los hábitats, pueden sufrir modificaciones en su composición y su configuración espacial a lo largo del tiempo y, como consecuencia de estos cambios, los procesos ecológicos que se desarrollan en el hábitat y en todo el paisaje pueden verse afectados de acuerdo con los principios de la ecología del paisaje (Martín, 2006).

La fragmentación es un proceso por el cual una entidad, el hábitat, se divide en unidades de menor tamaño llamados “parches” y aislados entre si, se caracteriza por una disminución del área total del hábitat y por su ruptura en partes. Los parches nuevos, formados a partir de uno de mayor superficie, tendrán características muy semejantes entre sí (Forman, 1995) pero también características propias debidas a su tamaño, forma, bordes, etc.

La fragmentación de bosques se puede definir como la transformación de un bosque continuo en muchos rodales más pequeños y aislados entre si (Bustamante y Grez, 1995), cuya extensión real resultante es mucho menor que la del bosque original.

En la mayor parte de las ocasiones, la fragmentación de hábitats en trozos de menor superficie es un resultado de las acciones del hombre, como el aumento de infraestructuras viales o del cambio de determinados usos del suelo, que modifican el funcionamiento del conjunto del paisaje. Por definición, la fragmentación aumentará el número de parches que conforman cada hábitat, disminuirá el tamaño medio de los parches, y aumentará la cantidad de borde, siendo el borde la barrera que existe entre los parches de dos clases diferentes (Martín, 2006) . Según Primack (1998) el proceso de fragmentación no ocurre al azar, las áreas más accesibles de topografía poco accidentada y con alta productividad son las primeras en ser alteradas para utilizar las tierras en agricultura, asentamientos humanos o extracción forestal.

Por otro lado, el término fragmentación también incluye otros aspectos de los cambios en los ecosistemas, aparte de su forma, composición y configuración, como son los relacionados con la pérdida de biodiversidad, flujo de nutrientes.

2.3.1 Efectos De La Fragmentación

La fragmentación afecta a los ecosistemas alterando las condiciones existentes dentro de un *parche* y el flujo de recursos (nutrientes, organismos o semillas) entre los *parches* existentes. Los efectos de la fragmentación se pueden dividir en dos, según afecten a aspectos espaciales o ecológicos del paisaje. A continuación se analizan los más importantes atendiendo a dicha clasificación (Ortega, 2004):

Efectos espaciales. La fragmentación, entendida como un proceso dinámico por el cual un determinado hábitat va quedando reducido a fragmentos o islas de menor tamaño, más o menos conectadas entre sí en una matriz de hábitats diferentes al original, ocasiona efectos espaciales (Forman, 1995):

Disminución de la superficie de hábitat. Los procesos de fragmentación llevan asociados una pérdida de las cubiertas naturales en favor de usos antrópicos del territorio (urbanísticos, industriales, infraestructuras, agricultura).

Reducción del tamaño de los fragmentos, por la división de superficies más o menos amplias en fragmentos de menor tamaño, esta reducción trae como consecuencia una disminución de la conectividad, del tamaño máximo del *área núcleo* y de la superficie total interior.

Aislamiento de los fragmentos en el paisaje, provocada por una destrucción intensa de las superficies naturales aumentando la distancia entre los fragmentos de hábitat natural. Este efecto tiene una componente funcional importante ya que la matriz o *área alterada* puede ser más o menos permeable según las especies.

En cuanto a la forma de los *parques* y la dimensión fractal pueden verse modificadas, aumentándose, disminuyendo o manteniéndose igual, dependiendo del patrón de la fragmentación.

Como consecuencia de estos efectos espaciales, las condiciones abióticas del hábitat se verán afectadas, entre ellas la insolación, el viento, la humedad y los procesos en el suelo (Saunders et al. 1991; Didham, 1998). Un ejemplo de esto podría observarse en el hecho de que las áreas de borde reciben más insolación que el resto, esto podría producir un aumento de la temperatura y afectar a las condiciones del suelo y de la fauna y flora.

A menudo, el grado de los efectos provocados por la fragmentación, disminuye a medida que nos alejamos del borde del *parque* hacia el interior de éste. En general los bordes sufren una influencia mayor de los *parques* vecinos que el interior, pero un fragmento con forma alargada puede no tener un área interior efectiva y sus condiciones abióticas serán similares a las del borde del *parque* (Ortega, 2004).

Efectos ecológicos. Al disminuir la disponibilidad de superficie del hábitat, se produce una pérdida neta en el tamaño de las poblaciones que lo ocupan. En general, cuanto mayor y más heterogéneo sea el *parque* más especies podrá sostener; normalmente *parques* grandes de un determinado hábitat contienen más especies y a menudo un mayor número de individuos que *parques* más pequeños de ese mismo hábitat. Esto ocurre por varias razones, en un *parque* de gran superficie existirá una alta variabilidad de tipos de los distintos factores ambientales que afectan a las especies, como microclimas, estructura horizontal y vertical de la vegetación o características fisiográficas. Esta variabilidad proporcionará más oportunidades a un número mayor de organismos con diferentes necesidades para encontrar su sitio dentro del *parque*

El aislamiento de los fragmentos, y por tanto el aumento de la distancia entre ellos, dificulta el intercambio de individuos, que se asocia en muchas ocasiones a la progresiva desaparición de las especies acantonadas en ellos. Este fenómeno

provoca que sólo las especies más resistentes o generalistas logren mantenerse, mientras las más sensibles quedan relegadas a los fragmentos de mayor tamaño.

De forma general, los procesos que se ven más afectados por los efectos de la fragmentación del paisaje son aquellos que dependen de vectores de transmisión en el paisaje. La dispersión de semillas, la polinización de las plantas, las relaciones de predador-presa, la dispersión de parásitos y epidemias son ejemplos de procesos ecológicos frágiles frente a la fragmentación por su dependencia de vectores animales que a su vez tienen limitado el movimiento por el paisaje.

Además los bordes y el interior de un *parche* tienen diferentes características ecológicas, beneficiando a unas especies y perjudicando a otras según el caso, y como ya se ha dicho la abundancia relativa del borde frente al área núcleo varía en función del tamaño del *parche*.

El tamaño y la forma de los fragmentos condicionan en gran medida las posibilidades de mantener ciertas poblaciones. Así, cuanto menor sea la superficie del fragmento, más vulnerables serán a los agentes externos y más acusado será el efecto borde. Mientras que en el interior de los fragmentos grandes se dan unas propiedades y características internas del fragmento, en aquellos en los que la superficie es reducida los efectos y tensiones de la matriz se reflejan en el interior del mismo, por lo que las especies de interior se ven altamente perjudicadas en beneficio de aquellas que habitan las zonas fronterizas o ecotonos (Ortega, 2004).

En fragmentos de mayores superficies de hábitat se espera que las poblaciones sean más numerosas y con mayores posibilidades para superar las posibles alteraciones o extinciones locales. Los fragmentos alargados y delgados tienen proporcionalmente mayor longitud de borde (perímetro) que aquellos que tienen formas cuadradas o redondeadas (Diamond, 1975). En estas últimas formas es más probable que el interior del fragmento mantenga sus condiciones internas y los efectos de la matriz queden restringidos al borde del mismo.

En este punto se puede caer en el error de pensar que la fragmentación puede provocar un aumento de la diversidad al aumentar la heterogeneidad, sin embargo este incremento no es deseable desde un punto de vista de la conservación del ecosistema (Opdam, 1991).

La reducción de los fragmentos produce un aumento en la relación perímetro-área, lo que aumenta la permeabilidad de los fragmentos a los efectos de los hábitats periféricos (Ortega, 2004).

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la fragmentación opera a diferentes escalas para distintas especies y distintos hábitats: un paisaje fragmentado para una especie puede no serlo para otra con mayores capacidades de dispersión o requerimientos de hábitats menos exigentes.

2.4 Indicadores de deforestación y fragmentación de hábitats

Los índices de fragmentación de hábitats se han desarrollado a la vez que lo ha hecho la ecología del paisaje. Este desarrollo es la respuesta a la creciente necesidad de entender cómo las especies y los ecosistemas han evolucionado junto a las actividades humanas a través de los años (Rutledge, 2003). De esta manera, se han desarrollado cientos de índices para caracterizar la fragmentación de hábitats. En un principio, la ecología del paisaje tomó como referencia la teoría Biogeográfica de las Islas (MacArthur y Wilson, 1967) y se consideraron los parches procedentes de los ecosistemas originales como islas rodeadas de los parches que son resultado de la actividad humana. Con el tiempo, este punto de vista evolucionó, y las características espaciales comenzaron a considerarse importantes (Gustafson y Gardner, 1996). También se empezaron a tener en cuenta factores como la escala y las jerarquías ecológicas.

Los primeros esfuerzos (como los trabajos de Turner en 1990 y de Gustafson y Parker en 1992) se centraron en desarrollar índices que describieran la estructura espacial del paisaje, y los efectos de variar atributos básicos del paisaje en estos índices. Los atributos estudiados fueron el número de clases de parches, la extensión espacial del paisaje y la escala. La mayor parte de estos trabajos representaron los paisajes como grids (o mapas raster). Debido al formato utilizado, los estudios encontraron que la escala utilizada afectaba a un gran número de índices. Se dio un gran paso en el desarrollo y la utilización de los indicadores de fragmentación de hábitats cuando apareció el software Fragstats (McCarigall y Marks, 1995). Este programa está basado en SIG y ofrece un compendio de decenas de indicadores de fragmentación clásicos y algunos propuestos recientemente. Con esta herramienta, se pueden calcular gran cantidad de índices de fragmentación utilizando el formato raster. En 1995 Ritters publicó un artículo que analizaba las correlaciones entre 55 índices de fragmentación de hábitats y encontró que seis índices podían representar la mayor parte de las variaciones estructurales en el paisaje.

Una serie de artículos recientemente publicados ponen en duda la eficacia de utilizar índices simples para la caracterización de las condiciones ecológicas del paisaje. Pero, la conclusión general en muchos estudios de ecología del paisaje es que las especies sobreviven hasta que se alcanza una cantidad de superficie de hábitat determinada, estos umbrales cambian en función de muchas variables, entre ellas la especie que se considere, resultando a fin de cuentas de vital importancia realizarlos (Rutledge, 2003).

2.4.1 Niveles de agregación de los indicadores de fragmentación de hábitats

Los indicadores relacionados con la fragmentación de hábitats se pueden agrupar en tres niveles distintos:

Nivel de parche: Los indicadores están definidos para parches individuales (Martín, 2006).

Nivel clase de parche: Los indicadores están definidos para un conjunto de parches con características similares, englobadas dentro de un mismo tipo de parches llamado clase. Los indicadores de este tipo pueden ser, bien estadísticos que describen las distribuciones de los indicadores en el nivel parche, como medias, medias ponderadas por el área, desviaciones típicas, o bien pueden referirse a propiedades del conjunto de parches (Martín, 2006).

Nivel paisaje: Los indicadores están definidos para todo el conjunto de parches que forman el paisaje. Pueden ser estadísticos de la distribución de indicadores a nivel parche o clase de parche, o pueden referirse a propiedades del conjunto de parches del paisaje (Martín, 2006).

2.4.2 Clasificación de los índices de fragmentación de hábitats

Esta clasificación (McGarigall y Marks, 1995), los divide en dos clases distintas, los que cuantifican la composición del paisaje y los que se refieren a la configuración espacial.

Indicadores de composición: La composición puede ser cuantificada fácilmente, y se refiere a características asociadas con la variedad y la abundancia de los tipos de parche dentro del paisaje, pero sin considerar sus caracteres espaciales y su localización en el mosaico. Como los indicadores de composición requieren la integración de información referente a todos los tipos de parches, estos indicadores se pueden calcular a nivel de clase o paisaje. Hay muchas medidas cuantitativas de la composición del paisaje, entre ellas están la proporción en el paisaje de cada clase de parche, la riqueza de parches y la diversidad de las mismas.

Indicadores de configuración espacial: La configuración espacial es más complicada de medir. Se refiere a la organización espacial, a la posición, o a la orientación de los parches dentro de cada clase o dentro del paisaje. Algunos de los indicadores de configuración espacial, son medidas del emplazamiento de los parches con respecto a otros parches, a otras clases de parches o a otros elementos del paisaje interesantes. Otras medidas de configuración, son medidas de las características espaciales de cada parche. La configuración puede ser cuantificada en términos de la unidad más simple del paisaje, el parche, de forma que si la estructura espacial que se presenta se refiere a las características espaciales de los parches de forma individual, a pesar de que éstas se agrupan en clases y de que pertenecen a un paisaje concreto.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Área de estudio

3.1.1 Ubicación

El área de estudio corresponde a la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, la cual representa a una de las regiones de la zona central del territorio chileno, su capital es la ciudad de Rancagua. La región se extiende entre los 33°51' y los 35°01' de latitud sur y desde los 70°02' de longitud oeste hasta el Océano Pacífico. Su superficie es de 16.387 km², lo que la convierte junto a la región Metropolitana en las de menor tamaño del país. Abarca un 2,3% de Chile continental.

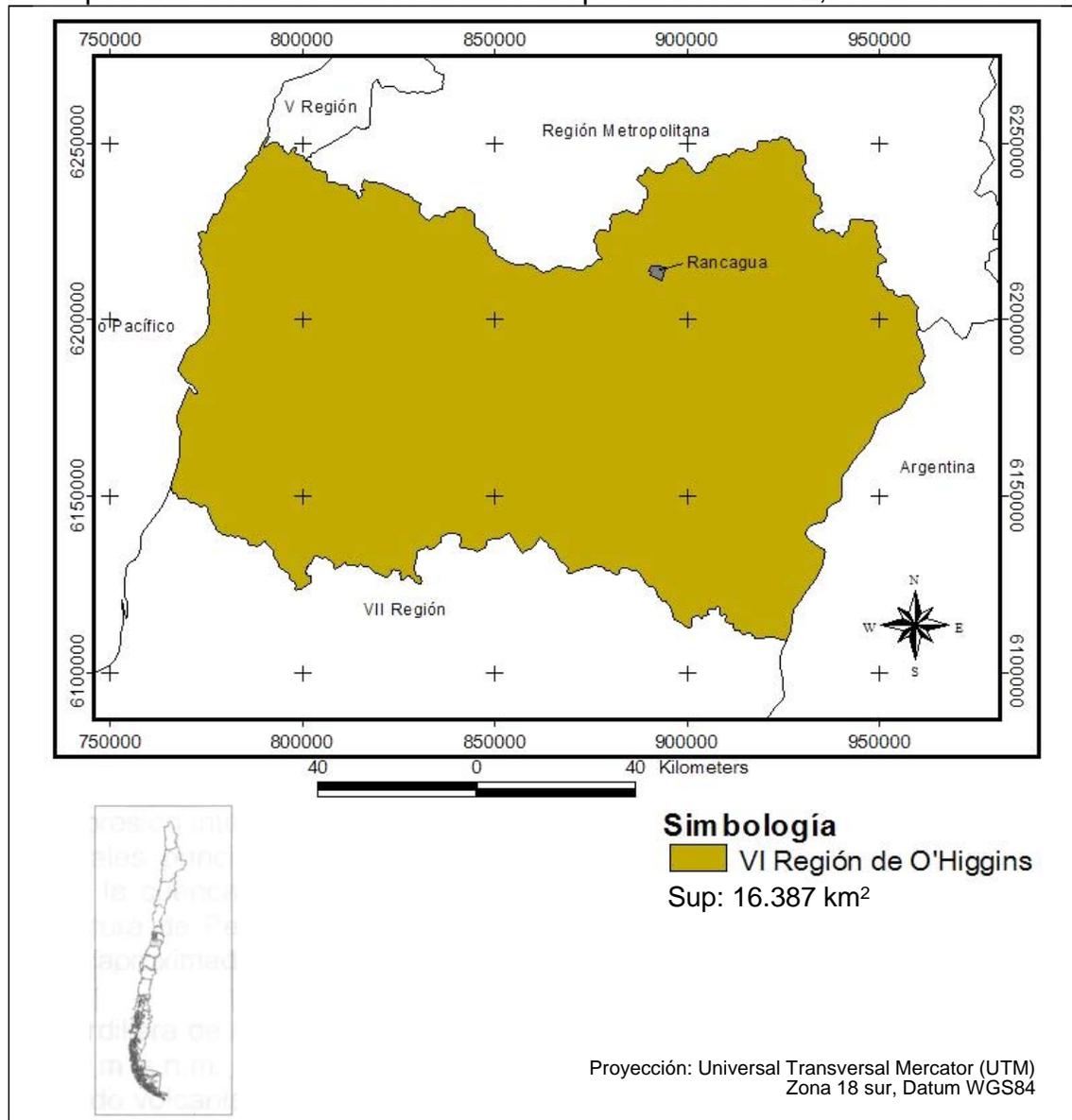


Figura 1. Zona de Estudio

3.1.2 *Clima*

En la Región de O'Higgins el clima predominante corresponde al templado mediterráneo con estación seca, el cual presenta variaciones por efecto de la topografía local. En la costa se presenta nuboso, mientras que hacia el interior debido a la sequedad experimenta fuertes contrastes térmicos. Las precipitaciones son mayores en la costa y en la Cordillera de los Andes, debido al relieve que actúa como “biombo” climático (BCN, 2005).

En el litoral, que recibe la influencia oceánica predomina el clima templado nuboso, caracterizado por una mayor humedad y abundante nubosidad. En el sector de la depresión intermedia predomina un clima templado de tipo mediterráneo cálido con una estación seca de siete a ocho meses y un invierno lluvioso. A medida que se asciende por la cordillera, las temperaturas descienden bajo los cero grados en los meses de invierno. Sobre los 3.500 metros de altura se pasa al clima frío de altura con predominio de nieves eternas (BCN, 2005).

3.1.3 *Relieve*

Las características del relieve más importantes son la presencia de cuatro fajas longitudinales: Planicies costeras, Cordillera de la Costa, depresión intermedia y Cordillera de los Andes.

Las planicies costeras presentan gran extensión en el litoral al sur del estero Yali, en las cercanías del río Rapel, donde la costa es baja y permite el desarrollo de dunas y playas. Lo mismo sucede en Bucalemu y Pichilemu donde se presentan hasta tres niveles de terrazas. El contacto con la Cordillera de la Costa se hace por medio de diferentes cursos de agua que penetran hasta 25 kilómetros hacia el interior (BCN, 2005).

La Cordillera de la Costa se presenta baja y de formas redondeadas que no alcanzan los 2.000 metros. Esta cuenca se abre paso por el valle de Peumo-Codao-Coltauco, para luego al sur de San Vicente de Tagua Tagua, frente a la ciudad de San Fernando, volver a retomar altura (BCN, 2005).

La depresión intermedia se presenta con formas planas generadas por el acarreo de materiales, principalmente de origen glacio-fluvio-volcánico, destacando al norte de la región la cuenca de Rancagua, que se extiende desde Angostura de Paine hasta Angostura de Pelequén por el sur, alcanzando una longitud de 60 kilómetros y un ancho aproximado de 25 kilómetros (BCN, 2005).

La Cordillera de los Andes tiene en esta región una altitud que varía entre los 3.000 y 4.000 m s.n.m. y un ancho aproximado de 50 kilómetros, además presenta un marcado volcanismo, el cual se manifiesta en que las mayores alturas corresponden a conos volcánicos, tales como el Tinguiririca (4.620 m) y El Palomo (4.860 m) (BCN, 2005).

3.2 Clasificación de los usos de suelo

Las praderas y matorrales junto a los terrenos agrícolas son claramente el uso de suelo predominante en la Sexta Región abarcando una superficie cercana al 60% del total de la superficie regional, seguido por una importante superficie de formaciones boscosas las cuales representan cerca del 20 % de su superficie, con un 12% de bosques nativos y un 7,3% de plantaciones (Cuadro 1).

Cuadro 1: Superficie de categorías de uso de suelo en la VI región en el año 2005

Uso De Suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Áreas urbanas e industriales	15.043,9	0,92
Terrenos agrícolas	426.419,6	26,11
Praderas y matorrales	549.144,2	33,62
Bosque Nativo	195.604,3	11,97
Plantaciones	119.755,9	7,33
Bosque Mixto	1.038,0	0,06
Humedales	3.857,0	0,24
Áreas desprovistas de Vegetación	303.655,6	18,59
Nieves y glaciares	9.318,8	0,57
Cuerpos de Agua	9.626,0	0,59
Total	1.633.463,3	100

En Cuanto a la infraestructura caminera, la zona de estudio cuenta con un total de 2.961 km de caminos lo que equivale a una densidad de 0,18 km/km², lo que se podría considerar una cifra bastante baja de acuerdo a toda la actividad comercial (agrícola), especialmente vitivinícola existente en la zona, que conlleva a que la actividad del transporte se vea desarrollada. En tanto la red Hidrográfica tiene una extensión de 2.261 km. Posteriormente se reclasificaron los usos de suelo, en especial los de bosque nativo por estructura y tipo forestal dejando al paisaje clasificado con un total de 26 nuevas clases de uso de suelo.

3.3 Composición del bosque nativo

De acuerdo a la reclasificación del paisaje, en el Bosque nativo se observan quince formaciones vegetacionales diferentes entre sí, que corresponde a las combinaciones existentes entre cinco tipos forestales y cuatro estructuras de bosque distintas.

El principal tipo forestal existente en la región es el Esclerófilo con 169.572,9 ha que representan al 86,7% de la superficie de Bosque Nativo, seguido del tipo forestal Roble-Hualo con 22.584,1 ha equivalente a un 11,7% del paisaje regional (Cuadro 2).

En tanto, la estructura dominante es la de renoval con 175.436,7 ha equivalente a el 89,7% de la superficie de bosque nativo catastrada, luego con un 8,3% del total se encuentra los bosques con estructura de Adulto-renoval y finalmente con solo un 2% los de bosque adulto, lo que muestra la juventud y nivel de intervención que han

presentado los bosques naturales de la zona de estudio, esta zona a exhibido a lo largo de su historia, principalmente durante los siglos XIX y XX, una gran cantidad y variedad de impactos humanos y serios daños. Naturalmente este nivel de actividad ha producido alteraciones de la vegetación tales que hacen difícil encontrar rodales naturales de bosques adultos. Además, que en la depresión central donde principalmente se ubica el tipo forestal Esclerófilo, se ha observado un gran desarrollo agrícola de frutales (Donoso, 1993).

Cuadro 2: Superficie de composición del Bosque Nativo según estructura y Tipo Forestal.

TIPO FORESTAL	ESTRUCTURA				TOTAL (ha)
	Sup. Bosque Adulto (ha)	Sup. Bosque Adulto-Renoval (ha)	Sup. Renoval (ha)	Sup. Bosque Achaparrado (ha)	
Ciprés de la Cordillera	208,0	734,9	1.474,3	102,9	2.520,1
Siempre Verde	-	56,5	12,5	-	69,0
Palma Chilena	135,5	-	452,8	-	588,3
Roble-Hualo	1.809,6	4.156,6	16.887,9	-	22.854,1
Esclerófilo	1.543,8	11.380,1	156.609,1	39,9	169.572,9
TOTAL	3.696,9	16.328,1	175.436,6	142,8	195.604,3

3.4 Información Cartográfica

El análisis se realizó tomando como cartografía base, aquella generada en el proyecto *“Redefinición de las Áreas con Bosque Nativo en la Región del Libertador Bernardo O’Higgins”* realizado en el año 2005 para la determinación de la estructura paisajística en la VI región. El proyecto tuvo por objetivo general ajustar y corregir la información de usos de suelo, del proyecto Catastro para la VI región. Dentro de esto buscó cartografiar todos los bosques nativos que ocupen una superficie mayor o igual a media hectárea de acuerdo a la definición de “Bosque” establecida para la realización de este proyecto. (BOSQUE: *Sitio poblado con formaciones vegetales en las que predominan árboles y que ocupa una superficie de por lo menos 5.000 m², con un ancho mínimo de 40 metros, con cobertura de copa Arbórea que supere el 10% de dicha superficie total en condiciones áridas y semiáridas y el 25% en circunstancias más favorables*).

3.5 Software a utilizar

La información será analizada y manipulada utilizando los siguientes softwares:

3.5.1 ArcView GIS 3.2: Software de Environmental Systems Research Institute, Inc. software de sistemas de información geográfica (GIS) y trazado de mapas para ordenadores de sobremesa. Tiene la capacidad de visualizar, explorar, consultar y analizar datos de forma espacial.

3.5.2 *Patch analyst*: Extensión de Arc View facilitante del análisis espacial de parches del paisaje y modelamiento de atributos asociados a los parches, construido por el Dr. Rob Rempel.

3.5.3 *Fragstats v 3.3 (Build 4)*: Programa de análisis del modelo espacial para cuantificar la estructura del paisaje. Confeccionado por el Dr. Kevin McGarigal.

3.6 Método

3.6.1 Esquema y método de clasificación de los usos de suelo

Los usos de suelo fueron reclasificados, particularmente el sub-uso Bosque nativo fue depurado según la identificación de los tipos forestales correspondientes y su estructura. Esto debido al beneficio de poder designar con mayor eficiencia aquellas acciones silviculturales o administrativas posibles de aplicar a cada fragmento, ya que para el correcto manejo de formaciones de bosque nativo, es absolutamente necesario conocer la estructura y composición del mismo (Donoso, 1998). Además la presencia o ausencia de distintos tipos de fauna, se ve altamente influenciada por el tipo de bosque, según se trate de bosques primarios o secundarios (Murua, 1996 y Rozzi *et al.*, 1996).

Cuadro 3: Esquema clasificación de los usos de suelo

Catastro Bosque Nativo		Usos redefinidos	
Áreas urbanas e industriales		1) Áreas urbanas e industriales	
Terrenos agrícolas		2) Terrenos agrícolas	
Praderas y matorrales		3) Praderas y matorrales	
Bosque	Plantaciones	4) Bosques exóticas asilvestradas	
		5) Adultas	
		6) Jóvenes o recién cosechadas	
	Bosque Nativo	7) TF Esclerófilo Bosque Adulto	
		8) TF Esclerófilo Bosque Adulto/renoval	
		9) TF Esclerófilo Bosque Renoval	
		10) TF Esclerófilo Bosque Achaparrado	
		11) TF Roble-Hualo Bosque Adulto	
		12) TF Roble-Hualo Bosque Adulto/renoval	
		13) TF R-H Bosque Renoval	
		14) TF CDLC Bosque Adulto	
		15) TF CDLC Bosque Adulto/renoval	
		16) TF CDLC Bosque Renoval	
		17) TF CDLC Bosque Achaparrado	
		18) TF Palma Chilena Bosque Adulto	
		19) TF Palma Chilena Bosque Renoval	
		20) TF Siempreverde Adulto/renoval	
		21) TF Siempreverde Renoval	
	Bosque Mixto	22) Bosque Mixto	
	Humedales		23) Humedales
	Áreas desprovistas de vegetación		24) Áreas desprovistas de vegetación
Nieves eternas o glaciares		25) Nieves eternas o glaciares	
Cuerpos de Agua		26) Cuerpos de Agua	

3.6.2 Índices usados para caracterizar el paisaje

Existen unas cuantas decenas de índices, desarrollados en su mayoría para el estudio de la fragmentación de los sistemas naturales y sus consecuencias sobre procesos ecológicos, como la productividad de los ecosistemas, la dinámica poblacional que afecta a la biodiversidad y otras propiedades y servicios de los sistemas naturales (Mateucci, 2005).

No existe acuerdo respecto de cuáles de las medidas de caracterización reflejan mejor las funciones o procesos, ni si realmente las reflejan (Tischendorf, 2001). Pero se ha informado que muchos de los índices están correlacionados entre sí y por lo tanto son redundantes (Baldwin *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2002; Wu, 2004). Por lo tanto la caracterización de la composición y de la configuración espacial de los parches del paisaje, principalmente de los bosques nativos fragmentados fue calculada en base a la selección del siguiente set de índices o métricas seleccionadas a partir de la revisión de recientes estudios del paisaje en donde se utilizan diversos índices y su respectiva justificación (Armenteras, 2003; Peña-Cortes, 2006; Cayuela, 2006; Forsee Euskadi, 2001; Botequilha, 2001; Lofman, 2006; Echeverria, 2006; Mateucci y Silva, 2005; Monedero y Gutierrez, 2001).

Finalmente los índices seleccionados para la caracterización y análisis de la heterogeneidad del paisaje son los siguientes y algunos calculados a nivel de parche, clase de uso y paisaje total.

Finalmente se recopilaron antecedentes de una diversidad de índices de análisis de la estructura del paisaje, considerando para cada uno de ellos la utilidad que presta, la información que entrega, las interpretaciones ecológicas posibles de realizar, con el fin de entregar la mejor y mayor cantidad de información posible de la composición y configuración espacial del paisaje.

3.6.3 Índices de Composición del paisaje

Número de parches (NP): Equivale al número de fragmentos de un ecosistema presente, es decir, es la capacidad de subdivisión del tipo de parche. Da idea del grado de fragmentación de un tipo particular de ecosistemas y puede ser fundamentalmente importante, para un sinnúmero de procesos ecológicos, sin embargo tiene limitaciones en su interpretación (individual), por que no conduce o contiene información de área, distribución y densidad de los fragmentos o parches. Por supuesto, si el total del área de la cobertura y el área de la clase son constantes. Si NP es igual a uno, quiere decir que el paisaje contiene únicamente un fragmento de un ecosistema en el área de estudio. NP debe ser superior o igual a uno (McGarigal, 1995).

$$NP = n_i \quad (1)$$

Densidad de parches (PD): La densidad de parches (*PD*) es limitada, pero es un fundamental, aspecto de la estructura o paisaje. La densidad de parche tiene la

misma utilidad que el índice número de parches excepto que si expresamos el número de parches por unidad de área eso facilita la comparación a través de ecosistema de distinto tamaño. De seguro, si el total del paisaje se mantiene constante, entonces la densidad de parches transmite similar información. Si el número de parches, no su área, o distribución, es particularmente significativo que PD para un determinado tipo de parche puede servir como un buen indicador de fragmentación. Manteniendo el área de una clase constante, un paisaje con un mayor PD será considerado más fragmentado que un paisaje con una menor PD.

$$PD = \frac{N}{A} (10,000) (100) \quad (2)$$

Donde:

N = Número total de parches en la clase o paisaje.

A = Superficie de la clase de parche o del paisaje.

Media del tamaño de parche (MPS): Equivale al área (m²) de cada parche, dividido por 10.000 para convertir a hectáreas y este permite calcular a nivel de clase y paisaje el *Tamaño medio de los fragmentos* (MPS), su desviación estándar (PSSD), Junto con el número y la densidad de fragmentos, es un buen indicador de la heterogeneidad y nivel de fragmentación de un área de interés (McGarigal, 1995).

$$MPS = \frac{A}{N} \left(\frac{1}{10,000} \right) \quad (3)$$

3.6.4 Índices de configuración espacial del paisaje

Media Índice de forma de parche (MSI): La forma de los parches permite determinar de cierta manera el grado de complejidad de los parches por medio del cociente entre el perímetro (m) y su área (m²), mientras más simple la forma se asemejara a un círculo o un cuadrado y el índice tendera a uno. Y aumentara de manera infinita según aumente la complejidad del parche, pero este índice tiene la tendencia de aumentar a medida que aumenta el tamaño de parche, lo que podría generar distorsiones al valor. En tanto a nivel de clase y paisaje se calculara su media (MSI).

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{.25p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right)}{N} \quad (4)$$

Donde:

p_{ij} = Perímetro del parche ij

a_{ij} = Área del parche j de la clase i.

N = Número de parches de la clase o paisaje.

Media de la dimensión fractal de los parches (MPFD): Esta métrica ha sido utilizada en el análisis de ecosistemas para cuantificar la complejidad de las formas de los parches en un paisaje. Ha sido empleada para medir el grado de disturbio humano en el paisaje. La premisa es que los límites naturales tales como los de la vegetación tienen formas más complejas que los que son el resultado de la actividad humana, como los cultivos. Cuando los disturbios humanos se incrementan la

dimensión fractal decrece. La dimensión fractal ha sido utilizada para mediciones, simulaciones y como una herramienta analítica espacial (Frohn, 1999).

Según Frohn (1999) numerosos estudios han encontrado que la dimensión fractal del paisaje varía de acuerdo al tipo de uso de la tierra. Por ejemplo: áreas de bosques tienden a tener más formas complejas y manifestar alta dimensión fractal, mientras que las áreas de agricultura tienden a tener formas más simples y de este modo tiene dimensión fractal más baja. El valor de la dimensión esta entre 1 (cuando son formas más simples) y 2 (cuando son formas más complejas). La complejidad de los parches puede ser medida por la regresión del logaritmo del perímetro de los parches de cierto tipo de cobertura (Farina, 2000).

$$MPFD = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{2 \ln (.25 p_{ij})}{\ln a_{ij}} \right)}{N} \quad (5)$$

Donde:

P_{ij} = Perímetro del parche j de la clase i .

a_{ij} = Área del parche j de la clase i .

Media Vecino más cercano (MNN): Medía de la distancia (m) que existe al parche del vecino más cercano de la misma clase o tipo, basado en la distancia más corta de borde-a-borde. Es la medida más simple de aislamiento de los parches, cuanto mayor sea esta distancia, mas aislados estarán los parches y por lo tanto más fragmentado se encontrara el paisaje.

$$MNN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{N'} \quad (6)$$

Donde:

MNN_{ij} = Distancia euclidiana con el vecino más cercano al parche j de la clase i .

h_{ijs} = Distancia (m) entre el parche ijs e ij , medida de borde a borde

N' = Número total de parches que tienen vecinos cercanos.

Índice de aislamiento (MPI): El índice de proximidad informa del grado de aislamiento de los parches y depende del número, el tamaño y la distancia a la que se encuentran los otros fragmentos localizados dentro de un radio determinado, cuando no se encuentra ningún parche del mismo tipo dentro del radio, el valor es de 0; y éste aumenta a medida que crece el número de manchas y el tamaño, y disminuye la distancia entre estas. Esta medida de aislamiento y fragmentación de los parches usa la distancia del vecino más cercano para sus cálculos pero requiere de una distancia de proximidad designada, que para el caso de este estudio fue de 1.000 m, ya que al calcularlo con una distancia de 500 o 2.000 m se observaron altas correlaciones y no existe diferencia significativa entre ellas; junto a que en otros estudios ya se ha utilizado esta distancia (Echeverria, 2003; Bucarey, 2005).

$$MPI = \frac{\sum_{j=1}^n PROX_{ij}}{NP_i} \quad (7)$$

Donde

$PROX_{ij}$: Índice de proximidad para el parche j de la clase i .

NP_i : Total de parches de la clase i .

Índice de entremezclado y yuxtaposición (IJI): Es la yuxtaposición observada, sobre la máxima yuxtaposición posible según el tipo de parches posibles. En otras palabras indica el grado de entremezclamiento o dispersión de las clases de usos en la totalidad del paisaje.

Los valores bajos indican adyacencia de pocos tipos de cobertura. Se incrementa a medida que aumenta la riqueza de coberturas adyacentes. Este índice está basado en la adyacencia de parches y no de celdas. Cada parche es evaluado con los otros tipos de parches, sólo son considerados los perímetros, sin áreas centrales. Mide la distancia a la cual los parches se entremezclan. Valores bajos expresan que el paisaje está pobremente mezclado. Este índice no está afectado por el tamaño, número, contigüidad o dispersión de los parches como el índice de adyacencia. Representa el grado de entremezclado observado y el porcentaje máximo que es posible obtener, de acuerdo a todos los tipos de parches.

$$IJI = \frac{-\sum_{i=1}^m \sum_{k=i+1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \right]}{\ln(0.5[m(m-1)])} \quad (8)$$

Donde:

e_{ik} = Longitud total (m) de bordes en el paisaje entre las clases i y k.

E = Longitud total (m) de bordes en el paisaje, excluyendo los límites.

m = Número de clases presentes en el paisaje.

Áreas núcleo. El *Área Núcleo* es la superficie interior del parche que no está afectada por los bordes, es decir, que no está o está muy poco afectada por las perturbaciones exteriores. El problema que existe a la hora de utilizar este tipo de medidas es la elección de la extensión de esta superficie que dependerá de la especie y del fenómeno que se esté considerando. La medida de esta área interior integra el tamaño del parche, la complejidad de su forma y el efecto borde, puesto que para condiciones similares, parches de forma compleja tienen menos Área Núcleo que parches redondeados y sencillos. Las áreas núcleo integran el tamaño del parche, la forma y la distancia del efecto borde dentro de una simple medida y es usada como indicador de amplitud de los parches de un paisaje o cobertura. Se le determinara las Áreas núcleo a los tipos Forestales de Bosque Nativo existentes en la sexta región y a ellos se les aplicara un área de influencia o efecto borde de 250 m por ser la distancia utilizada en otros estudios (Bucarey, 2004; Echeverría, 2006).

Número de Áreas Núcleo (NCA). Equivale a la suma del número de áreas núcleo contenidas en cada tipo de clase contenida en cada clase de parche o en el total del paisaje.

$$NCA = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n n_{ij}^c \quad (9)$$

Donde:

n_{ij}^c = Número de áreas núcleo separada en el parche ij de acuerdo a la distancia de efecto borde (m).

Área Núcleo total (TCA). Equivale a la suma de las áreas núcleo de cada tipo de parche en (m²), Dividido por 10.000 para convertir a hectáreas.

$$TCA = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^c \left(\frac{1}{10,000} \right) \quad (10)$$

Donde:

a_{ij}^c = Área núcleo (m²) del parche ij basado en un área de influencia (m).

Índice de Área Núcleo (CAI). Medida de las áreas núcleo de los fragmentos de bosque en un paisaje. Es una proporción de las áreas núcleo en el total del paisaje y es igual a cero, cuando no existen parches o fragmentos en la cobertura que posean área núcleo. Representa el área interior de los parches delimitada por una zona de influencia o efecto borde. La distancia de la zona de influencia representa la distancia al centro o núcleo de un parche desde el borde de éste (McGarigal, 2002). Equivale al área núcleo (m²) dividido por el área de parche multiplicado por 100. En otras palabras, CAI representa el porcentaje de parche que es área núcleo.

$$CAI = \frac{a_{ij}^c}{a_{ij}} (100) \quad (11)$$

Donde:

a_{ij}^c = Área núcleo (m²) del parche ij basado en un área de influencia (m).

a_{ij} = Área (m²) del parche ij.

Como primer paso se dispuso a depurar la información de las coberturas cartográficas, según la reclasificación diseñada, además se eliminaron los fragmentos de un tamaño menor a 0,2 ha; para posteriormente poder aplicar la extensión "Patch Analyst" de ArcView y así obtener los valores de los índices propuestos para los niveles de parche, clase de uso y paisaje total.

A continuación, con los resultados entregados por el software de análisis del paisaje, se evaluarán los índices estadísticamente por medio de diversos test (Pruebas de normalidad, test de Dunn-Bonferroni, Shapiro Wilks) para determinar si existen diferencias significativas en la distribución de sus valores en algunos de ellos a nivel de parche y en otros a nivel de clase de uso, para así obtener información complementaria que permita mejorar el análisis de los datos obtenidos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Composición de fragmentos del paisaje por clase en la sexta región

La composición del paisaje es representada por el número de parches, la densidad de parche, el tamaño medio de parche y el área de cada una de las clases que han sido redefinidas. Estos índices presentan débiles grados de correlación a excepción del número de parches (NP) con el tamaño medio de parche donde no existe correlación o asociación lineal de ningún tipo (cuadro 3).

Cuadro 4: Correlación entre índices de composición

r	NP	PD	MPS (ha)
CA (ha)	0,550	-0,422	0,641
NP		-0,267	0,018
PD			-0,421

4.1.1 Área de clase (CA)

De la redefinición de clases realizada se obtuvieron 26 tipos de usos de suelo, de las cuales 6 de ellas ocupan 96 % del paisaje, estas son las praderas y matorrales (33,6%) los terrenos agrícolas (26,1%), las Áreas desprovistas de vegetación (18,6%), estas tres clases representan a más del 78% de la superficie total de la región ello permitiría considerarlas como los usos representantes de la matriz dominante del paisaje regional, también es relevante el Renoval Esclerófilo con un 9,6% de la superficie regional representa a la estructura de bosque con mayor superficie en la región, las plantaciones (5,6%) y plantaciones jóvenes o recién cosechadas (1,1%) finalmente junto a los renovales de Roble-Hualo con 15.082 ha que equivalen al 1,02% del paisaje (Cuadro 5). El 4% de superficie restante se reparte entre las 20 clase restantes.

4.1.2 Número de parches (NP)

De los 5.857 fragmentos de las 26 clases definidas en este trabajo, el uso con un mayor número de fragmentos es el de renoval Esclerófilo con 2.131 parches, seguido por las praderas y matorrales con 1.378 y las plantaciones con 668 parches. Cabe mencionar que con un bajo número de fragmentos se encuentran algunas clases de uso, como los bosques de Ciprés de la Cordillera en sus distintas estructuras con 52 fragmentos, los 15 parches del Tipo Forestal Palma Chilena, o los dos parches del tipo forestal Siempreverde, clases remanentes los cuales hay que tener en consideración para su conservación, por su escasez y baja superficie dentro de una región con ecosistemas dominantes de otro tipo como las praderas y matorrales o los terrenos agrícolas (Cuadro 4). En los tipos forestales nativos se observa como tendencia general un número mayor de parches en las formaciones de bosques de renoval que en los bosques adultos, lo que indica una clara dirección de los bosques naturales de la región a reducir su tamaño y número con el tiempo tiempo.

Cuadro 5: Índices de composición por clase de uso de suelo

Clase de uso de suelo	CA (ha)	CA (%)	NP	PD	MPS (ha)	MEDPS (ha)
1) Areas urbanas e industriales	15.043,4	0,92	226	1,50	66,56	21,40
2) Terrenos agrícolas	426.419,6	26,11	267	0,06	1.597,08	54,85
3) Praderas y matorrales	549.143,7	33,62	1.378	0,25	398,51	14,70
4) Bosques exóticas asilvestradas	3.032,5	0,19	84	2,77	36,10	11,14
5) Plantaciones Adultas	91.082,2	5,58	688	0,76	132,39	11,31
6) Plantaciones jóvenes o recién cosechadas	25.640,8	1,57	154	0,60	166,50	35,27
7) TF Esclerófilo Bosque Adulto	1.543,8	0,09	49	3,17	31,51	9,10
8) TF Esclerófilo Bosque Adulto/renoval	11.380,1	0,70	235	2,07	48,43	12,20
9) TF Esclerófilo Bosque Renoval	156.608,8	9,59	2.131	1,36	73,49	7,89
10) TF Esclerófilo Bosque Achaparrado	39,9	0,00	2	5,02	19,93	16,15
11) TF Roble-Hualo Bosque Adulto	1.809,6	0,11	64	3,54	28,27	6,79
12) TF Roble-Hualo Bosque Adulto/renoval	4.156,6	0,25	47	1,13	88,44	7,28
13) TF Roble-Hualo Bosque Renoval	16.887,9	1,03	104	0,62	162,38	27,34
14) TF CDLC Bosque Adulto	208,0	0,01	8	3,85	26,00	20,33
15) TF CDLC Bosque Adulto/renoval	734,9	0,04	35	4,76	21,00	10,14
16) TF CDLC Bosque Renoval	1.474,3	0,09	7	0,47	210,62	102,87
17) TF CDLC Bosque Achaparrado	102,9	0,01	2	1,94	51,46	29,33
18) TF Palma Chilena Bosque Adulto	135,5	0,01	1	0,74	135,46	135,46
19) TF Palma Chilena Bosque Renoval	452,8	0,03	14	3,09	32,34	6,99
20) TF Siempreverde Adulto/renoval	56,5	0,00	1	1,77	56,48	56,48
21) TF Siempreverde Renoval	12,5	0,00	1	8,02	12,47	12,47
22) Bosque Mixto	1.038,0	0,06	37	3,56	28,05	18,58
23) Humedales	3.857,0	0,24	107	2,77	36,05	17,71
24) Áreas desprovistas de vegetación	303.654,6	18,59	116	0,04	2.617,71	40,27
25) Nieves eternas o glaciares	9.318,8	0,57	19	0,20	490,47	101,72
26) Cuerpos de Agua	9.626,0	0,59	80	0,83	120,32	14,49
Región		100,00	5.857	2,11	257,23	30,86

4.1.3 Densidad de parche (PD)

Este índice presenta un valor de 2,11 para el paisaje regional y una distribución no normal (cuadro 6) para sus clases, la mayoría de las clase se concentra en los valores inferiores de este índice (figura 2), y en gran parte coincide con las clases que obtuvieron un alto numero de parches, y las de mayor superficie, las tres que poseen un menor valor de PD son las áreas desprovistas de vegetación, las agrícolas y las nieves y glaciares (0,0382, 0,0626 y 0,2039 parches por cada 100 ha respectivamente) en tanto los tres que poseen un mayor PD corresponden a el bosque de renoval Siempreverde, al Bosque Achaparrado Esclerófilo y a los Bosques Adulto-renoval de Ciprés de la Cordillera con 8,0188, 5,0175 y 4, 7626 parches cada 100 ha respectivamente, valores que coinciden en este ultimo caso con los usos de suelo que poseen menor superficie y un menor número de parches, quizás los usos de suelo que se encuentran más aislados y/o fragmentados. En lo que respecta específicamente al bosque nativo se observa que en los bosques adultos de los distintos tipos forestales, hay un mayor número de parches por cada 100 ha, a excepción del TF Palma Chilena y el TF Siempreverde, que por su baja cantidad en la zona es difícil de evaluar y más que nada se observa como un relicto.

Cuadro 6: Test de Shapiro Wilk

W	0,882
p-valor	0,006
alfa	0,05

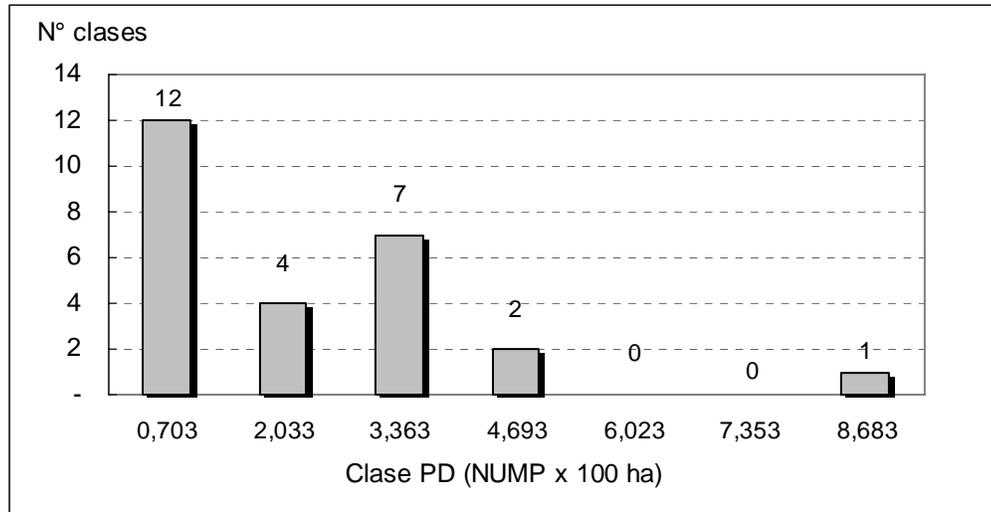


Figura 2: Distribución de Densidad de parches

4.1.4 Tamaño medio de parches (MPS)

A nivel de paisaje el tamaño medio de de parche es de 257,23 ha (cuadro 4). En los usos de suelo regionales se observan clases formadas con parches de gran tamaño como las Áreas desprovistas de vegetación (2.617 ha), los terrenos agrícolas con 1.597 ha, las nieves y glaciares con 490,4 ha y las praderas y matorrales con un MPS de 398,5 ha todas estas con una importante grado de variabilidad, mientras que usos como los renovales Siempreverde y achaparrado Esclerófilo están formadas por un tamaño medio de parche de 12,47 y 19,93 ha respectivamente junto a los bosques Adulto-renoval del tipo Forestal Ciprés de la Cordillera (21 ha), lo que indica como tendencia general que las zonas de bosques naturales son las que poseen una mayor fragilidad en comparación con las áreas más humanizadas que poseen un tamaño medio de parche mayor; y dentro de los principales tipos forestales de la región (TF Esclerófilo y Roble-Hualo) se observa un menor MPS en la estructura de bosque adulto en comparación a los renovales, lo que indica fragilidad ecológica y una propensión a la reducción de la biodiversidad (Echeverría, 2006)

En general la distribución del tamaño de parche esta fuertemente desplazada hacia los tamaños pequeños de parche, un 90% de ellos son de un tamaño inferior a las 170 ha, un 80% menor a las 70 ha y aproximadamente un 64% del total, posee un tamaño menor a las 24 ha, presentando un continuo aumento en número con un menor tamaño del parche, lo que según diversos autores es un síntoma básico de la fragmentación del paisaje (Echeverría, 2003; Reed, et al, 1995). Con respecto a los fragmentos con mayor superficie en la región, solo un 6% de ellos se encuentra con un tamaño superior a las 300 ha y un 3% sobre las 1.000 ha, las cuales eso si acumulan más de 1.354.035 ha, que representan el 83% de la superficie regional, o sea unos pocos parches concentran una gran superficie (figura 3).

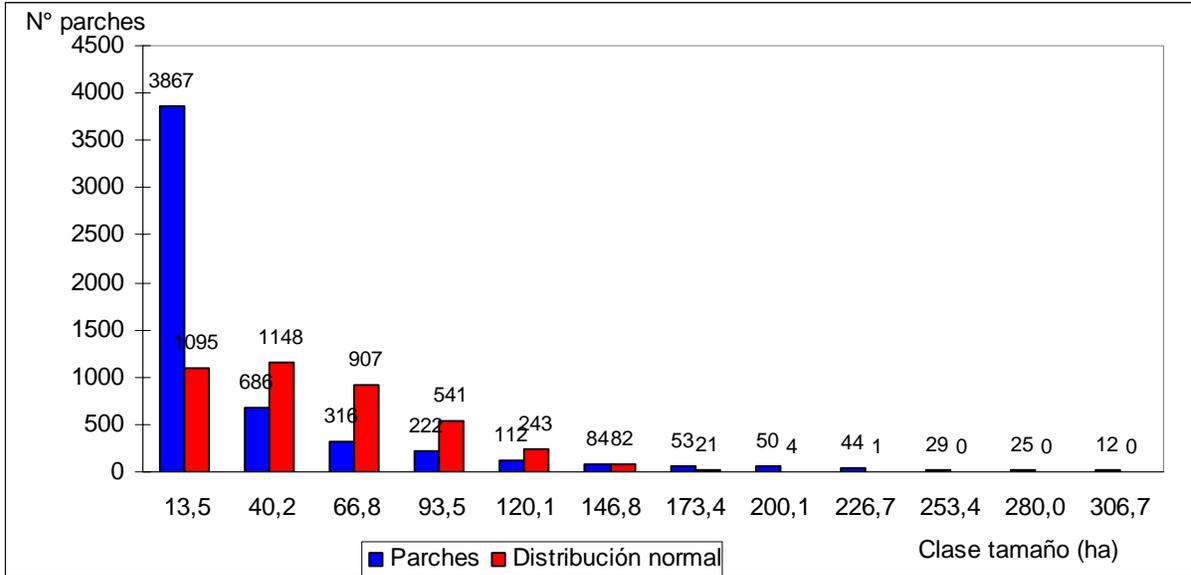


Figura 3: Distribución de parches según tamaño

La distribución del número de fragmentos según su tamaño se observa no normal (cuadro 5) sesgada hacia la derecha con un mayor número de ellos en las clases pequeñas de tamaño (figura 2), aplicando el test de Chi-Cuadrado (χ^2 , p-valor < 0,0001)

Cuadro 7: Prueba de normalidad para el tamaño de parche

Chi-cuadrado ajustado (Valor observado)	585.735,7
Chi-cuadrado ajustado (Valor crítico)	16,92
p-valor	< 0,0001
Alfa	0,05

Posteriormente se aplicó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias significativas entre las distintas clases de uso de suelo (p-valor < 0,0001) por consiguiente se determinó que si existen diferencias en tamaño entre algunas de las clases de uso de suelo definidas (Cuadro 6).

Cuadro 8: Test de Kruskal-Wallis para el tamaño de parche

K (Valor observado)	471,84
K (Valor crítico)	37,65
GDL	25,00
p-valor (bilateral)	< 0,0001
alfa	0,05

Luego con el test de Dunn-Bonferroni ($\alpha=0,0002$) se determinaron los usos con mayores diferencias significativas en el tamaño de su parche con otras clases, estas son: las zonas agrícolas (12); las nieves y glaciares (10); las áreas desprovistas de vegetación, y el bosque renoval Esclerófilo (9), en tanto que las clases con menores diferencias con el resto son las zonas de Bosque mixto (1) y los Cuerpos de Agua (2), el detalle de estas diferencias significativas se puede observar en los siguientes

cuadros y estadísticas (Anexo 3), además se observó que en 8 usos de suelo (Bosque renoval Palma Chilena, Bosque Adulto Ciprés de la Cordillera, Bosque renoval Ciprés de la Cordillera, bosque renoval Siempreverde, Bosque Achaparrado Esclerófilo, Bosque Achaparrado, Ciprés de la Cordillera, Bosque Adulto renoval Siempreverde y Bosque Adulto de Palma Chilena) en donde no existían diferencias estadísticas significativas con otras clases de uso, esto debido a que son clases con un bajo número de parches por lo que no permite evaluar de manera correcta la estadística correspondiente.

4.2 Configuración espacial de fragmentos del paisaje en la sexta región

La configuración espacial del paisaje será representada por el índice de forma, el de dimensión fractal, el de proximidad y aislamiento, el del vecino más cercano y por el índice de interdispersión y yuxtaposición.

Cuadro 9: Correlación entre índices de configuración espacial

r	MPFD	MPI	MNN	IJI
MSI	0,699	0,392	-0,460	-0,023
MPFD		-0,022	-0,504	-0,080
MPI			-0,198	0,326
MNN				-0,292

Estos índices no exhiben un grado mayor de correlación a excepción del índice de forma que presenta grados débiles de correlación con el Índice medio de dimensión Fractal (MPFD) y la distancia media al vecino más cercano (MNN), en tanto el índice de entremezclado no presenta correlación con ninguna de las otras variables.

4.2.1 Índice de forma de (MSI)

El índice de forma tiene un valor medio para la región de 2,18; en tanto que para las distintas clases de uso de suelo presenta una distribución normal, en donde hay 3 de las clases de uso que se ubican en el segmento inferior de los valores de este índice (figura 4), estas son los bosques adultos y achaparrados de Ciprés de la Cordillera (1,38 y 1,63 respectivamente) junto a los Bosques Adultos de Roble-Hualo (1,68), por lo que serían las clases de uso de suelo más regulares en su forma, mientras que las clases con un valor más alto de MSI son las que poseen una forma irregular y/o alargada, es el caso del Bosque adulto de Palma Chilena (3,32) en donde el efecto borde debiera ser un factor a tener en cuenta por la posible pérdida de biodiversidad (Essen et al., 2006) y para esto es importante observar no solo el o los parches del uso en cuestión, sino que también la matriz o parche que lo rodea (Waldhardt, 2003), pudiendo ser muy perjudicial los terrenos agrícolas ubicados en sus cercanías (Wulf, 2003); conjuntamente las áreas desprovistas de vegetación (2,93) y el parche de el tipo forestal Siempreverde de renoval (2,74) significa que son las clases más propensas a ser afectadas por el medio que las rodea al poseer una alta relación entre su perímetro y su área (cuadro 6).

Cuadro 10: Índices de configuración espacial de usos de suelo.

Clase de uso de suelo	MSI	MPFD	MPI1000	MNN (m)	IJI
1) Áreas urbanas e industriales	2,00	1,3023	69,0	1.910	23,41
2) Terrenos agrícolas	2,52	1,3000	47.489,5	1.171	51,27
3) Praderas y matorrales	2,22	1,3207	21.141,6	527	54,85
4) Bosques exóticas asilvestradas	2,28	1,3418	48,1	2.272	43,65
5) Plantaciones Adultas	1,82	1,3070	1.444,1	753	48,54
6) Plantaciones jóvenes o recién	1,84	1,2870	220,4	2.317	47,76
7) TF Esclerófilo Bosque Adulto	2,26	1,3509	56,4	2.270	36,47
8) TF Esclerófilo Bosque Adulto/renoval	2,29	1,3424	78,3	847	37,52
9) TF Esclerófilo Bosque Renoval	2,15	1,3381	733,2	370	34,27
10) TF Esclerófilo Bosque Achaparrado	2,23	1,3336	-	10.368	27,92
11) TF Roble-Hualo Bosque Adulto	1,68	1,3146	20,6	831	38,45
12) TF Roble-Hualo Bosque Adulto/renoval	1,85	1,3119	178,7	1.961	40,43
13) TF Roble-Hualo Bosque Renoval	2,13	1,3101	196,3	864	40,28
14) TF CDLC Bosque Adulto	1,38	1,2708	0,4	9.169	16,36
15) TF CDLC Bosque Adulto/renoval	1,89	1,3157	48,4	2.305	38,23
16) TF CDLC Bosque Renoval	2,14	1,3058	625,7	8.864	32,86
17) TF CDLC Bosque Achaparrado	1,63	1,2683	-	24.561	28,96
18) TF Palma Chilena Bosque Adulto	3,32	1,3492	-	0	32,19
19) TF Palma Chilena Bosque Renoval	2,22	1,3402	5,3	5.480	18,79
20) TF Siempreverde Adulto/renoval	2,64	1,3378	-	0	29,89
21) TF Siempreverde Renoval	2,74	1,3878	-	0	5,38
22) Bosque Mixto	2,25	1,3427	12,2	6.695	47,08
23) Humedales	2,43	1,3430	36,0	1.614	42,67
24) Áreas desprovistas de vegetación	2,93	1,3314	62.796,9	2.419	42,43
25) Nieves eternas o glaciares	2,01	1,2732	72,7	1.268	10,04
26) Cuerpos de Agua	1,82	1,2910	285,6	4.799	53,42
Región	2,18	1,3199		3.601	35,50

En general, la distribución del índice de forma para cada uno de los parches en el total del paisaje, esta fuertemente desplazada hacia los valores inferiores o sea formas simples, un 75% de los parches tiene un valor inferior a 2,423 y la mediana tiene un valor de 1,804, con los que se tiene una Asimetría de Pearson de 4,301 (Anexo 4), presentando un parecido en la distribución de valores del tamaño de parche.

La distribución del número de fragmentos según su la complejidad se observa no normal sesgada hacia la derecha con un mayor número de ellos en los valores bajos del índice, esto se comprobó aplicando el test de Chi-Cuadrado (p -valor $<0,0001$), (Anexo 4). Luego con Kruskal Wallis se determino que existían diferencias significativas entre los distintos usos de suelo.

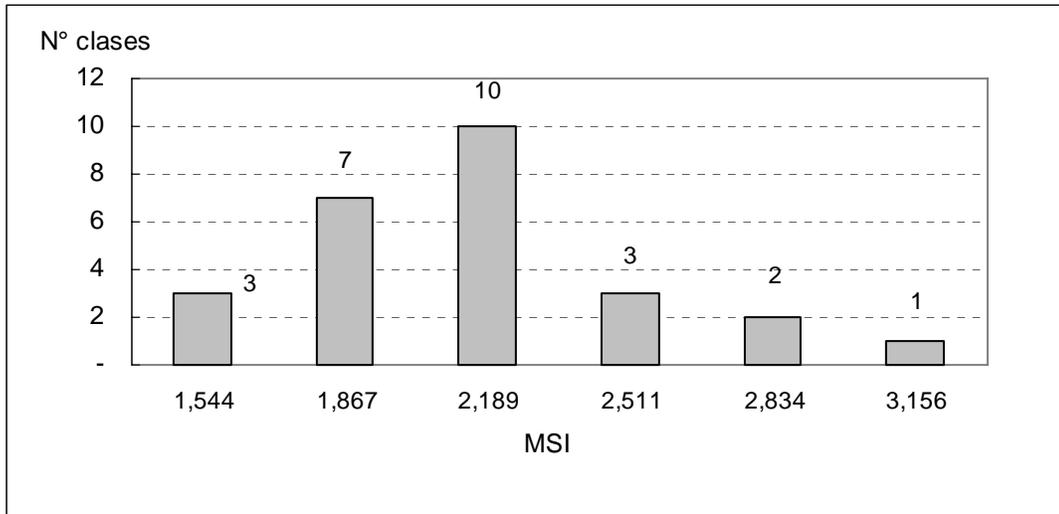


Figura 4: Distribución para el índice medio de forma

Luego con el test de Dunn-Bonferroni con un nivel de significación corregido de: 0,0002 se determinó cuáles son las clases de uso que poseen diferencias significativas respecto a la distribución de su índice de forma. Con lo cual se observó que en su forma las que más se diferenciaron con otras clases son: Los Bosques adultos del tipo forestal Roble-hualo (8), las áreas urbanas (7), en tanto que las clases con menores diferencias con el resto son las zonas de humedales (1) y los renovales del tipo Forestal Ciprés de la Cordillera, el detalle de estas diferencias se puede observar en los siguientes cuadros (anexo 4), además se observaron 14 clases de uso de suelo (Bosque renoval Palma Chilena, Bosque Adulto Ciprés de la Cordillera, Bosque renoval Ciprés de la Cordillera, bosque renoval Siempreverde, Bosque Achaparrado Esclerófilo, Bosque Achaparrado, Ciprés de la Cordillera, Bosque Adulto renoval Siempreverde y Bosque Adulto de Palma Chilena) en donde no existían diferencias estadísticas significativas con otras clases de uso, en su índice de forma.

4.2.2 Índice medio de Dimensión fractal (MPFD)

Este índice resultó para la región con un valor de 1,3241 indicando formas simples de baja complejidad, estos valores se asemejan a otros estudios en donde (Peña-Cortes, 2006) se obtuvo para la cuenca del lago Budi en el año 2004 un valor de 1,34 para el paisaje, o en el trabajo de (Bucarey, 2004) que obtuvo un valor de 1,3426 en la zona norte de la Décima región de Los Lagos; para este estudio las clases con una mayor Dimensión Fractal es el del Bosque de renoval Siempreverde (1,3878) y los parches Adultos de bosque Esclerófilo (1,3509), mientras que las clases con un menor valor son los bosques adultos y achaparrados del tipo Forestal Ciprés de la Cordillera (1,2708 y 1,2683 respectivamente). Cabe mencionar que bajo la media del paisaje se encuentran clases que comúnmente se catalogan como las con formas menos complejas por ser formadas por el hombre su relación entre el perímetro y el área es más simple, como las plantaciones jóvenes o recién cosechadas (1,287), las

áreas agrícolas (1,3) y las zonas urbanas con valores de 1,287; 1,3 y 1,3023 respectivamente (Cuadro 10).

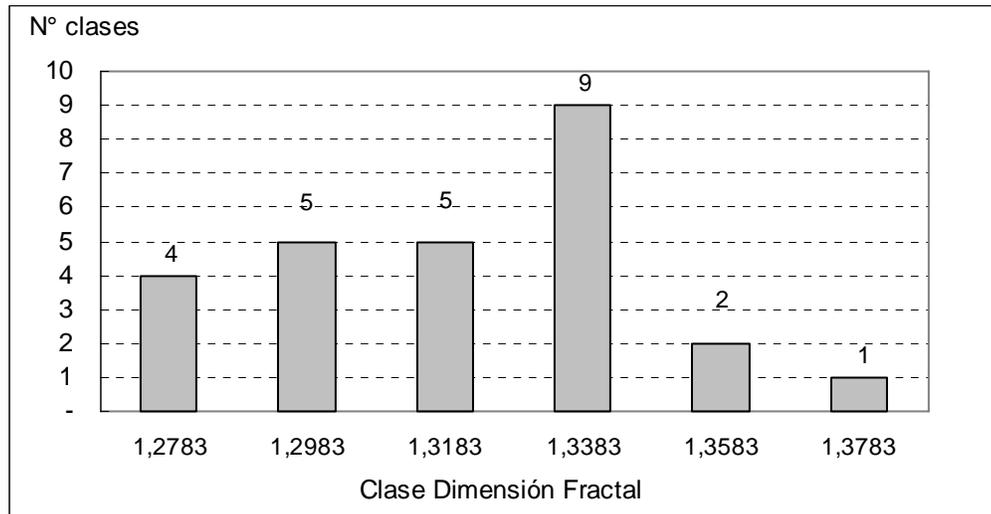


Figura 5: Distribución Índice medio de Dimensión fractal.

La distribución de valores para la Dimensión Fractal a nivel de parche en la región, esta levemente desplazada hacia la izquierda de la media, la mediana es de 1,322 con una asimetría positiva de Pearson de 0,36 (Anexo 5). Los datos de dimensión fractal no siguen una distribución normal (p -valor $<0,0001$). Posteriormente se comprobó que existen diferencias significativas entre las dimensiones fractales de los distintos usos de suelo (Cuadro 10).

Cuadro 11: Test de Kruskal-Wallis para la Dimensión fractal

K (Valor observado)	621,162
K (Valor crítico)	37,652
GDL	25
p-valor (bilateral)	$< 0,0001$
alfa	0,05

Se determinó entonces con el test de Dunn que las clases que más se diferencian de otras en otras en su dimensión fractal son las plantaciones jóvenes (11) y los bosque Adulto-renoval del tipo forestal Esclerófilo (10), en tanto las clases con menos diferencias con otras son los bosques adultos del tipo forestal Ciprés de la Cordillera (1) y los Adultos-renoval de Roble-Hualo (2); además se observaron 7 clases que no presentaron diferencia significativa de sus valores con el resto.

4.2.3 Índice de Proximidad medio (MPI)

Los valores más altos son para las áreas desprovistas de vegetación (62.796,9); las zonas agrícolas (47.489,5) y las zonas de praderas y matorrales (21.141,6), por lo que serían los usos de suelo menos fragmentados y aislados, mientras que los menores valores de MPI son para los bosques adultos del tipo forestal Ciprés de la Cordillera (0,4); los renovales del tipo forestal Palma Chilena (5,3) y los parches de

Bosque mixto (12,2), serian las clases con un mayor grado de fragmentación, siendo las dos primeras las clases más afectadas y protegidas en la actualidad por parques nacionales como Palmas de Cocalan o Rio Cipreses, esto debido a que la fragmentación claramente a generado consecuencias para la biota, como es la perdida de habitat y cambios en las condiciones del parche remanente (Saunders et al., 1991) . Cabe señalar también que se observa un mayor grado de aislamiento en los bosques primarios que en los secundarios en los distintos tipos forestales presentes en la región (cuadro 10).

Cuadro 12: Test de de Shapiro-Wilk para el Índice de Proximidad medio

W	0,389
p-valor	< 0,0001
alfa	0,05

Los valores de MPI no siguen una distribución normal (cuadro11) estos se concentran en los valores inferiores a 1.500, específicamente el 85% de ellos se encuentra bajo este valor y el 15% restante son las 3 clases con los valores superiores anteriormente nombradas, junto a una asimetría (Pearson) de 2,98 (Anexo 6).

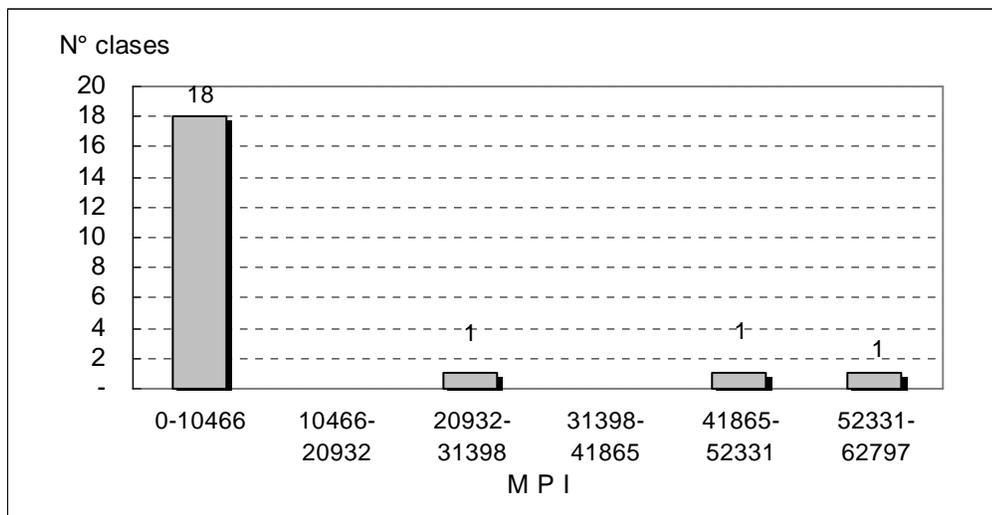


Figura 6: Distribución de Índice de proximidad

4.2.4 Media del vecino más cercano (MNN)

La distancia media del vecino más cercano para el paisaje es de 912 m, en tanto que, las clases en que se observa una menor distancia al parche más cercano es en el caso de los renovales del tipo forestal Esclerófilo (369,5 m), las praderas y matorrales (526,5 m), y las plantaciones con una distancia de 752,9 m. En tanto que, los ecosistemas con un mayor aislamiento corresponden a los bosques adultos de Ciprés de la Cordillera (10.367,8) y a los bosques Achaparrados de los tipos forestales Esclerófilo y Ciprés de la Cordillera con 10.369 m y 24.561 m respectivamente (cuadro 10), el aislamiento de estos ecosistemas implica la posible inhibición de migración de especies vegetales (sobre todo las herbáceas) y

consecuente invariabilidad genética de especies entre los parches de los ecosistemas mencionados y por eso el aislamiento juega un importante papel en la distribución de las especies forestales (Wulf, 2003). Por lo que resulta de importancia la conservación de esas áreas boscosas. Los usos que se encuentran menos aislados principalmente concuerdan con los que conforman la matriz dominante del paisaje.

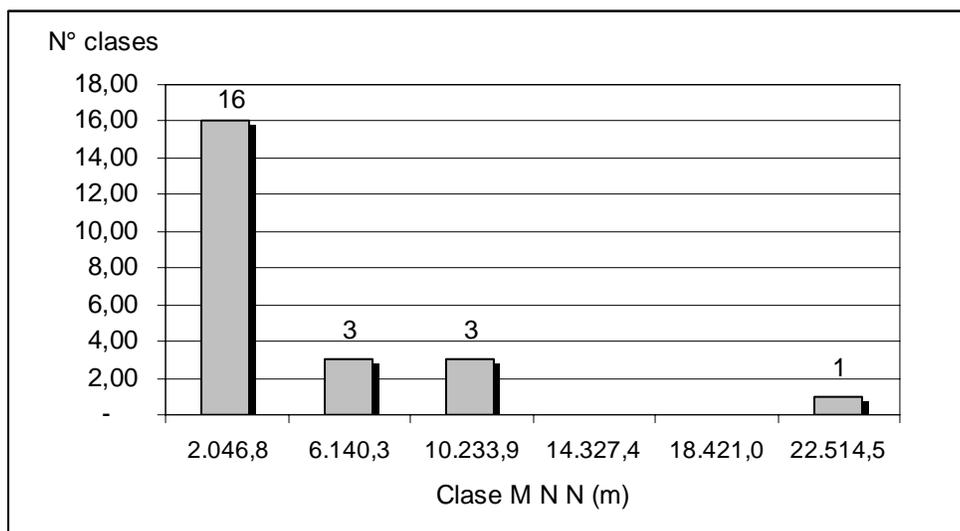


Figura 7: Distribución de valores para la media del vecino más cercano

Los valores de MNN se concentran en los valores inferiores a los 2.000 m, el 70% de la distancia media más cercana se encuentra en la clase de los 2.000 m, y 6 de las clases se ubican entre los 6.000 y 10.000 m (Figura 7).

La mayor cantidad de valores para la distancia al vecino más cercano a nivel de parche en la región, están concentrados hacia la izquierda de la media, el 50 % de los datos son inferiores a 239 m, con una asimetría de Pearson de 11,4 (Anexo 7). Estos no siguen una distribución normal (X^2 ; p-valor<0,0001). Posteriormente se comprobó que existen diferencias significativas entre las distancias más cercanas de los distintos usos de suelo (Cuadro 12).

Cuadro 13: Test de Kruskal-Wallis para la distancia al vecino más cercano

K (Valor observado)	610,271
K (Valor crítico)	33,924
p-valor (bilateral)	< 0,0001
alfa	0,05

Se determino entonces con el test de Dunn que los parches de los usos que más se diferencian significativamente con otros en la distribución de sus distancias son los de: cuerpos de agua (17) los de renovales Esclerófilo y las praderas y matorrales (10), en tanto los parches de clases con menos diferencias significativas con otras son los fragmentos e los Bosques adulto-renoval de Ciprés de la Cordillera (1), los de

nieves y glaciares (1) y los renovales de Palma Chilena (1), mientras que las menores diferencia estadística significativa con el resto se encuentran los bosques adultos del tipo forestal Ciprés de la Cordillera (1) y los Adultos-renoval de Roble-Hualo (2); además se observaron clases que no presentaron diferencia significativa de sus valores con el resto (Anexo 7).

4.2.5 Índice de interdispersión y Yuxtaposición (IJI):

Este índice de dispersión señala que las dispersión de las clases praderas y matorrales, Cuerpos de Agua, agrícola y junto a las plantaciones son las más homogéneas y distribuidas de manera equitativa por la región ya que tiene los valores más altos de este índice 54,85; 53,42; y 51,27 respectivamente, en cambio, las nieves y glaciares (10,04) el Bosque Adulto de Ciprés de la Cordillera (16,36) y los renovales del tipo forestal Palma Chilena (18,79) tienen una dispersión heterogénea y desigual, donde algunos de los parches se encuentran a una distancia cercana y otros a una lejana (Cuadro 10). Además así podemos observar como cada vez los bosques naturales se encuentra menos disperso y por lo tanto rezagados en fragmentos particulares del paisaje regional.

En lo relativo a la distribución, 18 de las clases de uso se encuentra en los valores superiores del índice, lo que indica que la mayoría los usos de suelo se dispersa de manera equitativa en el paisaje, la asimetría de Pearson es negativa 0,657; con una media de 35,5 y una mediana de 37,9 (Anexo 8).

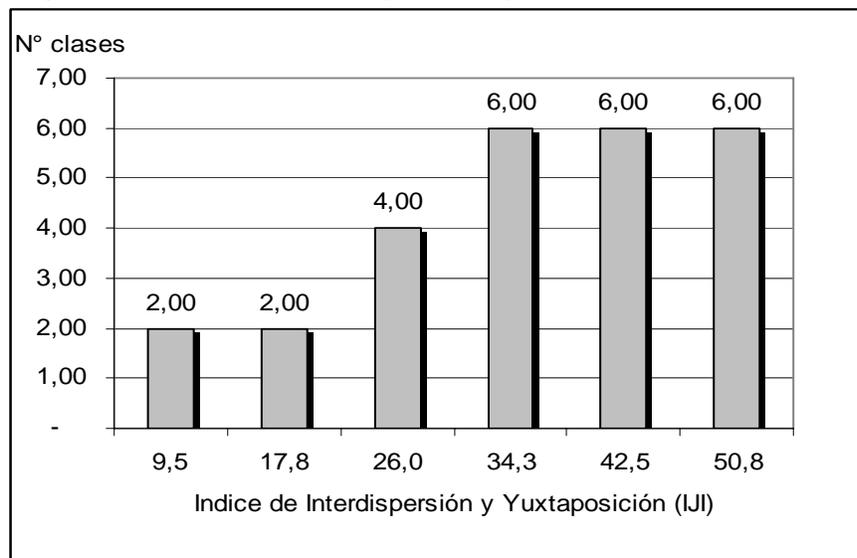


Figura 8: Distribución de IJI para las clases de uso de suelo

4.3 Áreas núcleo

Resultado que de los 5.857 parches del paisaje, solo 957 poseen área núcleo; con un área de influencia de 250 m; y de ellos 277 pertenecen a bosque nativo, se observa la disminución de áreas núcleo para todas las tipos forestales según la estructura a que pertenezca, y siguiendo la tendencia del número de parches, la mayor cantidad

de áreas núcleo pertenecen al Tipo Forestal Esclerófilo (221) y al Tipo forestal Roble-Hualo (44), cabe mencionar que el parche del TF Esclerófilo achaparrado no alcanza a tener área Núcleo (cuadro 14) .

La superficie regional es de 1.633.463,3 ha de las cuales aproximadamente 195.000 ha son de bosque nativo y el 23% corresponde a áreas núcleo de los tipos forestales catastrados, llama la atención que la superficie de los tipos forestales Siempreverde y Palma Chilena prácticamente no poseen una zona en donde no sufran los efectos de las zonas de influencia, al igual que los Bosques Adulto-renoval de Ciprés de la Cordillera y al igual que en el número de parches, la superficie núcleo se ve reducida con la edad-estructura de los rodales (cuadro 14).

En general los porcentajes de áreas núcleo en relación al área total de cada clase se encuentran del orden del 10%, el tipo forestal con un mayor CAI es el de Roble-hualo, y se confirma que los tipos forestales Siempreverde y Palma Chilena prácticamente no poseen zonas donde no sufran el efecto borde y los bosques adultos Esclerófilo prácticamente no posee área núcleo, esto se puede deber al tamaño y complejas formas de estos fragmentos ; se observa además como en los casos anteriores índice (NCA y TCA) una leve disminución según la estructura de edad de los tipos de bosque (cuadro 14).

Cuadro 14: Índices de área núcleo según estructura y tipo forestal.

Clase de uso de suelo	NCA	TCA (ha)	CAI (%)
7) TF Esclerófilo Bosque Adulto	4	81,90	4,70
8) TF Esclerófilo Bosque Adulto/renoval	21	1.453,87	12,81
9) TF Esclerófilo Bosque Renoval	196	36.792,67	13,30
10) TF Esclerófilo Bosque Achaparrado	-	-	-
Sub-total	221	38.328,44	10,27
11) TF Roble-Hualo Bosque Adulto	2	307,41	21,91
12) TF Roble-Hualo Bosque Adulto/renoval	5	1.158,51	26,77
13) TF Roble-Hualo Bosque Renoval	37	5.461,92	15,35
Sub-total	44	6.927,84	21,34
14) TF CDLC Bosque Adulto	2	11,96	8,65
15) TF CDLC Bosque Adulto/renoval	2	0,24	0,19
16) TF CDLC Bosque Renoval	4	339,51	13,60
17) TF CDLC Bosque Achaparrado	1	7,07	9,61
Sub-total	9	358,78	8,01
18) TF Palma Chilena Bosque Adulto	1	0,10	0,07
19) TF Palma Chilena Bosque Renoval	1	0,34	0,84
Sub-total	2	0,44	0,45
20) TF Siempreverde Adulto/renoval	1	0,03	0,05
21) TF Siempreverde Renoval	-	-	-
Región	277	45.615,54	8,03

5. CONCLUSIONES

La composición del paisaje indica que los principales usos de suelo constituyentes de los 5.857 parches de la región, son las clases de bosque Esclerófilo renoval, Praderas-matorrales y plantaciones forestales del total de parches, los cuales dan una idea de la composición del panorama regional; y junto a los tipos forestales Siempreverde, y Palma chilena Adulto son la que presentan un menor número de parches, por lo que se hace importante su estudio y conservación.

En general la distribución del tamaño de parche esta fuertemente desplazada hacia los tamaños pequeños, observándose un continuo aumento en número con un menor tamaño del parche, lo que implicaría una reducción de la biodiversidad.

La configuración espacial de los fragmentos en general muestra a las clases productivas con una menor complejidad de forma, un menor grado de aislamiento y fragmentación, y además las clases distribuidas más homogéneamente a través del paisaje, en comparación a los bosques naturales.

El tipo forestal Palma Chilena bosque adulto y el tipo forestal Siempreverde renoval representado por un parche, es el que cuenta con una mayor complejidad de forma, por lo que se convierte en el uso de suelo más propenso a sufrir fragmentación de parte del uso de suelo contiguo.

Las clases de uso que se encuentran más aisladas son los bosques adultos de Ciprés de la Cordillera y el de Ciprés de la Cordillera achaparrado, por lo que las especies componentes de estos fragmentos pueden sufrir de una disminución de su variedad genética por sufrir un déficit en la migración de las especies nativas.

Las praderas-matorrales y los usos de suelo con actividades antrópicas como los agrícolas y forestales son los que se encuentran con una dispersión más homogénea a través del territorio, dando una señal de los usos de suelo más característico de toda la región.

Los bosques primarios se presentan con un mayor grado de fragmentación que los secundarios en la mayoría de los tipos forestales presentes en la región, lo que da una idea del grado de disturbio que han sufrido los bosques nativos de la región.

La reducción de superficie que sufren los tipos forestales Palma Chilena y Siempreverde como resultado de la eliminación de la zona de influencia de borde llega al punto de desaparecer debido a sus menores dimensiones, esto a futuro podría significar la disminución de la biodiversidad, incluso del ecosistema respectivo.

Los resultados obtenidos entregan información complementaria al proyecto de Redefinición a las áreas con Bosque nativo de la VI región y a futuro podría permitir para realizar comparaciones espacio-temporales y así hacer una evaluación de los procesos ecológicos que sucedan en el paisaje.

6. BIBLIOGRAFIA

- Armenteras, D.; Gast, F.; Villareal, H. 2003. Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the Eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation*. 113, 245 - 256 p.
- Bissonette, J. 1997. *Wildlife and landscape ecology: Effects of pattern and scale*. Ed. Springer. New York, Usa. 410 p.
- Botequilha, L.; Ahern, J. 2002. Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics insustainable landscape planning. *landscape urban planning*. 59:65-93.
- Bucarey, A. 2004. Análisis de la estructura espacial del bosque nativo, en el límite norte de La Región De Los Lagos. Trabajo de Titulación Ing. Forestal, Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 26 p.
- Burel, F & J Baudry. 2002. *Ecología Del Paisaje: Conceptos, Métodos Y Aplicaciones*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 353 p.
- Bustamante, R., Grez, A. 1995. Consecuencias Ecológicas De La Fragmentación De Los Bosques Nativos. *Ambiente Y Desarrollo* 11, 58–63.
- Bustamante, R., Castor, C., 1998. The decline of an endangered ecosystem: the Ruil (*Nothofagus Alessandrii*) Forest in Central Chile. *Biodiversity and conservation* 7, 1607-1626 p.
- Bustamante, R.; Simonetti, J., 2005. Is *Pinus Radiata* Invading The Native Vegetation In Central Chile? Demographic Responses In A Fragmented Forest. *Biological Invasions* 7, 243–249.
- Cadenasso, M. L. Y Pickett ,S. T. A. 2000. Linking Forest Edge Structure to Edge Function: Mediation of Herbivore Damage. *Journal Of Ecology* 88: 31-44.
- Corporación De Desarrollo Pro-Ohiggins Y Fundación Andes. 2001. Características Naturales De La Región Del Libertador Bernardo O'higgins. Pro-O'higgins. INTERNET: http://www.pro-Ohiggins.cl/libro/cuerpo/1_4.asp (25-04-2007)
- Biblioteca Del Congreso Nacional De Chile. Clima Y Vegetación. Biblioteca del Congreso Nacional. 2005. INTERNET: <http://www.bcn.cl/siit/regiones/region6/clima.htm> (30-05-2007)
- Cody, M.; Diamond, J. 1975. *Ecology and evolution of Communities*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge. 545 p.
- Collado, D.; Dellafiore, D. 2003. Influencia De La Fragmentación Del Paisaje Sobre La Población del Venado de las Pampas en el sur de La provincia de San Luis. *Revista Inta. Argentina*. 17 Pp.

- Conaf, Conama, Birf, Universidad Austral De Chile, Pontificia Universidad Católica De Chile, Universidad Católica De Temuco, 1999a. Catastro Y Evaluación De Los Recursos Vegetacionales Nativos De Chile. Informe Nacional Con Variables Ambientales. Santiago, Chile.
- Conaf, Uach, 2000. Monitoreo Y Actualización De La Información De Uso Actual Del Suelo En La VII Región. Proyecto CONAF-UACH. Informe Final.
- Conaf-Conama-Birf. 1999. Catastro Y Evaluación De Recursos Vegetacionales Nativos De Chile. Informe Regional VI Región. Proyecto CONAF-CONAMA-BIRF Santiago, Chile. 90 p.
- Conaf; Conama; Universidad Austral de Chile. 1999. Redefinición de las Areas con Bosque nativo en la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Valdivia, Chile. 11 p.
- Dauber, J., M. Hirsch, D. Simmering, R. Waldhardt, A. Otte & V. Wolters. 2003. Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 321-329.
- Didham, R. *et al.* 1998. Beetle Species Responses to Tropical Forest Fragmentation. *Ecological Monographs* 68: 295-323.
- Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: Variación, Estructura Y Dinámica. Universitaria. Santiago, Chile.
- Echeverria, C. *et al.* 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological Conservation* 130: 481-494.
- Esri. 1999. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, Ca, Usa.
- Fahrig, L & G Merriam. 1994. Conservation of Fragmented Populations. *Conservation Biology*. 8: 50-59.
- Fitzsimmons, M. 2003. Effects of Deforestation and Reforestation on Landscape Spatial Structure in Boreal Saskatchewan, Canada. *Forest Ecology and Management* 174, 577-592.
- Forman, R & M Godron. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley. New York, USA.
- Forman, R; Godron, M. 1983. Landscape Modification and Changing Ecological Characteristics. Mooney Ma Ed. *Disturbance and Ecosystems Ecological Studies* 44. Springer-Verlag. NY. 12-28.
- Forman, R. 1995. *Land Mosaics. The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge University Press. New York, USA

- García, D., M. Quevedo, J. R. Obeso & A. Abajo. 2004. Fragmentation patterns and protection of montane forest in the Cantabrian range (NW Spain). *Forest Ecology and Management*, 208: 29-43.
- Grez, A. 2005. The Importance of small fragments of Maulino Forest for the conservation of Epigeous Beetles. In: Smith-Ramírez, C., Armesto, J.J., Valdovinos, C. Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile, Pp. 565–572.
- Grez, A., Bustamante, R., Simonetti, J., Fahrig, L., 1998. Landscape Ecology, Deforestation, and Forest Fragmentation: The Case of the Ruil Forest in Chile. In: Salinas-Chávez, E., Middleton, J. La Ecología del paisaje como base para el desarrollo sustentable en América Latina. INTERNET: <http://www.brocku.ca/epi/lebk/lebk.html>. (15-10-2006)
- Gustafson Ej & Gr Parker (1992) Relationships between Land cover Proportion and Indices of Landscape Spatial Pattern. *Landscape Ecology* 7: 101-110.
- Gustafson, E. 1998. Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State Of The Art? *Ecosystem*, 1:143-156.
- Laurence, W.; T.E. Lovejoy; H.L Vasconcelos; E. Bruna; R. Didham; P.C. Stouffer; C. Gascon; R. Bierregaard; S. Laurence; E. Sampaio, 2001. Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22 Year Investigation. *Conservation Biology* 16 (3): 605-618.
- Li, H., Wu, J., 2004. Use and Misuse of Landscape Indices. *Landscape Ecology* 19, 389–399.
- MacArthur, R.; Wilson E. 1967. *The Theory of island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Mardones, M; A Rodríguez & C Barrientos. 1993. Planificación Ecológica En Los Valles De Icalma Y Rucanuco: Proposición De Un Método. Monografías Científicas. Centro Eula Chile. Universidad De Concepción. 141 pp.
- Matteucci Sd & M Silva. 2005. Selección De Métricas De Configuración Espacial Para la Regionalización de un territorio antropizado. *Geofocus*, 5: 180-202.
- Mcgarigal, K & Bj Marks. 1994. Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program For Quantifying Landscape Structure. Usda For Serv. Gen. Tech. Rep. Pnw- 351. 67p.
- Mcgarigal, K., And B. J. Marks. 1995. Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program For Quantifying Landscape Structure. Usda For. Serv. Gen. Tech. Rep. 351 p.

- Mcgarigal, K., And W. C. Mccomb. 1995. Relationships Between Landscape Structure And Breeding Birds In The Oregon Coast Range. *Ecological Monographs* 65(3):235-260.
- Mcgarigal, K .2002. Landscape Pattern Metrics. IShaarowi & Piergorsch (Eds). *Encyclopedia Of Environmentrics*. John Wiley & Sons. Sussex, England.
- Mcgarigal, K., Cushman, S.; Neel, M. 2002. Fragstats: Spatial Pattern Analysis program for categorical Maps. From University Of Massachusetts, Landscape Ecology Program Web Site. INTERNET: <http://www.umass.edu/landeco/Research/Fragstats/Fragstats.html> (5-10-2006)
- Noss, R. 2001. Forest Fragmentation in the Southern Rocky Mountains. *Landscape Ecology* 16, 371–372.
- O'Neill, R; J Krummel; R Gardner; G Sugihara; B Jackson Et Al .1988. Indices Of Landscape Pattern. *Landscape Ecol.*, 1(3):153-162.
- Opdam, P., 1991. Metapopulation Theory And Habitat Fragmentation. A Review Of Holarctic Breeding Bird Studies. *Landscape Ecology* 5 (2): 93-106.
- Peña-Cortés, F., *et al.* 2006. Dinámica del paisaje para el período 1980-2004 en la cuenca costera del Lago Budi, Chile. Consideraciones para la Conservación De Sus Humedales. *Asociación Argentina De Ecología. Ecología Austral* 16: 183-196.
- Primack R.B. 1998. *Essentials Of Conservation Biology*. Segunda Edición. Boston University. Probability Of Patch Colonization. *Ecology* 77: 94-107.
- Riitters, K. H., R. V. O'Neill, C. T. Hunsaker, J. D. Wickham, D. H. Yankee, K. B.
- Rocchini, D., G. L. W. Perry, M. Salerno, S. Maccherini & A. Chiarucci. 2005. Landscape change and the dynamics of open formations un a natural reserve. *Landscape and Urban Planning*, 77: 167-177.
- Rodríguez, G., I. Amezaga, M. San Sebastián, L. Peña & M. Onaindia. 2006. Análisis del paisaje de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. INTERNET: <http://www.euskadi.net>. (Mayo, 2007).
- Rutledge, D. 2003. Landscape Indices As Measures Of The Effects Of Fragmentation: Can Pattern Reflect Process? *Science Internal Series* 98. Department Of Conservation, Wellington. 27 Pp.
- Sandoval, V.; Trincado, G. 2002. *Fotogrametría Y Fotointerpretación Forestal*. Universidad Austral De Chile, Instituto De Manejo Forestal. Cuadernos Del Mefo (6). 54 p.

- Saunders, D.; R. Hobbs; C. Margules. 1991. Biological Consequences Of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conserv. Biol.*, 5(1): 18-32.
- Terradas, J. 2001. *Ecología de la Vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes.* Ed. Omega. Barcelona.
- Timmins, And B. L. Jackson, 1995. A Factor Analysis of Landscape Pattern And Structure Metrics. *Landscape Ecology*, 10:23-39.
- Turner, M.; 1990. Spatial and Temporal Analysis of Landscape Patterns. *Landscape Ecol.*, 4(1): 21-30.
- Turner, M; O'Neill R.; R Gardner & B Milne.1989. Effects of Changing Spatial Scale On The Analysis Of Landscape Pattern. *Landscape Ecol.*, 3(3/4):153-162.
- Urban D.L., R.V. O'Neill Y H.H. Shugart (1987) *Landscape Ecology.* *Bioscience* 37:284-307.
- Velásquez, G, 2005. *Caracterización Espacial Del Bosque Nativo En La Zona Precoandina De La Novena Región De La Araucanía.* Trabajo De Titulación Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral De Chile, Facultad De Ciencias Forestales. 36p.
- Vergara, P., Simonetti, J., 2003. Forest Fragmentation and Rhinocryptid Nest Predation in Central Chile. *Acta Oecologica* 24, 285–288.
- Vergara, P., Simonetti, J., 2004. Avian responses to Fragmentation of The Maulino in central Chile. *Oryx* 38, 383–388.
- Waldhardt, R. 2003. Biodiversity and landscape-summary, conclusions an perspectives. *Agriculture, Ecosystems an Environment*, 98: 305-509.
- Wiens, J.; N. Stenseth; B. Van-Horne. 1993. Ecological Mechanisms And Landscape Ecology. *Oikos*, 66:369-380.
- With, K. A. (1999). Is Landscape Connectivity Necessary And Sufficient For Wildlife Management? In *Forest Fragmentation: Wildlife And Management Implications*, Eds. J. A. Rochelle, L. A. Lehmann & J. Wisniewski. Brill. Leiden, Netherlands, Pp. 97-115.
- Wulf, M. 2002. Forest policy in EU and its influence on the plant diversity of woodlands. *Journal of Environmental Management*, 67: 15-25.

Anexo 1

Abstract and keywords

ABSTRACT

The composition and spatial configuration of the landscape of the Sixth Region of Libertador Bernardo O'higgins of Chile central zone. It has been analyzed for the year 2005, the region covers an area of 16,334 km², in which figure that the grasslands and bushes (33.6%), agricultural land (26.1%), the areas devoid of vegetation (19%) and the forests with a (19.3%) are the dominant land use classes.

For this reason land use was reclassified from existing digitalized shapes depending on the structure and composition of vegetation, obtaining 26 land use classes, from which was calculate a set of 15 fragmentation metrics.

Within the area covered by forests, natural formations are formed by a surface of 195,604.3 ha which are composed of five forest types with different structures, remains the most important the second-growth forests of Esclerófilo type (169.572 has) and the less present is second-growth forest of Siempreverde type (12.5 has).

There are a total of 5,857 patches for the landscape, which show a distribution to smaller sizes patches, being the 64% lower than the 24 ha and only 6% higher than 300 ha.

The second-growth forest of Siempreverde and adult Chilean Palma are those with more complex forms, and forest of Ciprés of the Cordillera have the simpler forms which gives an idea of the disturbance degree that have suffered these habitats.

The second-growth forest of Siempreverde type proved to be the land use more dispersed ($R_c=30,69$) and fragmented ($F=2,4$) of the region despite being that possesses the lower average distance between his fragments (369.5 m), since they are interrupted by a matrix of agricultural lands, grasslands, bushes and plantations in various size and location.

The amount of patches of the landscape that do not suffer effect edge is reduced to 957 core areas and only 277 of them belong to native forests, of which the forest types Siempreverde and Chilean Palma, practically do not possess Core area ($TCA=$ and $TCA=$ respectively) which could mean the loss in long term the loss of these ecosystems.

Keywords: Core area, fragmentation, landscape ecology O'higgins region

Anexo 2

Sistema de clasificación de la vegetación según categoría de uso

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN SEGÚN CATEGORÍA DE USO SEGÚN COT

CÓDIGO	CATEGORÍA DE USO
1	AREAS URBANAS E INDUSTRIALES
1.1	CIUDADES, PUEBLOS, ZONAS INDUSTRIALES
1.2	MINERÍA INDUSTRIAL
2	TERRENOS AGRICOLAS
2.1	TERRENO DE USO AGRICOLA
2.2	ROTACION CULTIVO / PRADERA
3	PRADERAS Y MATORRALES
3.1	PRADERAS
3.2	MATORRAL PRADERA
3.3	MATORRAL
3.4	MATORRAL ARBORESCENTE (Matorral con árboles > 2 m de altura)
3.5	MATORRAL CON SUCULENTAS (Presencia de suculentas > 5 %)
3.6	FORMACION DE SUCULENTAS (Presencia de suculentas > 5 %)
3.7	PLANTACIÓN DE ARBUSTOS
4	BOSQUES
4.1	PLANTACIONES
4.1.1	Plantación adulta
4.1.2	Plantación joven o recién cosechada
4.1.3	Bosque de exóticas Asilvestradas
4.2	BOSQUE NATIVO
4.2.1	Bosque adulto
4.2.2	Renoval
4.2.3	Bosque adulto / renoval
4.2.4	Bosque achaparrado
4.3	BOSQUE MIXTO
4.3.1	Bosque nativo / plantación
4.3.2	Bosque nativo con exóticas asilvestradas
5	HUMEDALES
5.1	VEGETACIÓN HERBÁCEA EN ORILLAS DE RIO
5.2	MARISMAS HERBÁCEAS
5.3	ÑADIS HERBÁCEOS Y ARBUSTIVOS
5.4	TURBALES
5.5	BOFEDALES
5.6	VEGAS
5.7	OTROS TERRENOS HÚMEDOS
6	AREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN
6.1	PLAYAS Y DUNAS
6.2	AFLORAMIENTOS ROCOSOS
6.3	SOBRE EL LÍMITE ALTITUDINAL DE LA VEGETACION
6.4	CORRIDAS DE LAVA Y ESCORIALES
6.5	DERRUMBES SIN VEGETACIÓN
6.6	SALARES
6.7	OTROS SIN VEGETACIÓN
6.8	CAJAS DE RÍO
7	NIEVES ETERNAS Y GLACIARES
7.1	NIEVES
7.2	GLACIARES
7.3	CAMPOS DE HIELO
8	CUERPOS DE AGUA
8.1	MAR
8.2	RÍOS
8.3	LAGOS, LAGUNAS, EMBALSES

Anexo 3

Estadística tamaño de parche

Estadísticas simples por clase del tamaño de parche

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Área desprovistas	116	0,21	215.804	2.617	20.318,5
Praderas y matorrales	1378	0,22	47.865	398	2.862,3
Esclerófilo renoval	2131	0,23	13.234	73	431,6
Cuerpos de agua	80	0,26	5.788	120	650,8
Plantaciones	688	0,27	15.543	132	880,3
Agrícola	267	0,30	85.824	1.597	7.407,5
Roble-hualo adulto	64	0,33	755	28	99,3
Plantación joven	154	0,34	5.051	166	538,3
Esclerófilo adulto-renoval	235	0,43	1.548	48	141,2
Bosque mixto	37	0,48	178	28	35,2
Urbano	226	0,49	2.477	66	187,4
Roble-hualo renoval	104	0,58	2.887	162	398,0
Humedales	107	0,62	339	36	54,0
Exóticas asilvestradas	84	0,63	437	36	65,1
Esclerófilo adulto	49	0,71	506	31	79,2
Palma renoval	14	0,73	174	32	49,4
Ciprés adulto	8	0,77	70	26	24,7
Ciprés adulto-renoval	35	1,02	105	21	26,9
Roble-hualo adulto-renoval	47	1,03	1.914	88	305,1
Ciprés renoval	7	1,67	880	210	306,4
Nieves y glaciares	19	5,62	2.940	490	861,5
Siempreverde renoval	1	12,47	12	12	
Esclerófilo achaparrado	2	16,15	23	19	5,3
Ciprés achaparrado	2	29,33	73	51	31,3
Siempreverde adulto-renoval	1	56,48	56	56	
Palma adulto	1	135,46	135	135	

Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral: para el tamaño de parche

Muestra	Frecuencia	Suma de los rangos	Media de los rangos	Grupos			
Roble-hualo adulto	64	138070	2157,3	A			
Esclerófilo adulto	49	121521	2480,0	A			
Esclerófilo renoval	2131	5338136	2504,9	A			
Ciprés adulto-renoval	35	88485	2528,1	A			
roble-hualo adulto-renoval	47	120245	2558,4	A			
Palma renoval	14	36605	2614,6	A			
Plantación	688	1927042	2800,9	A			
Exóticas asilvestradas	84	236835	2819,4	A	B		
Esclerófilo adulto-renoval	235	674925	2872,0	A	B		
Siempreverde renoval	1	2912	2912,0	A	B		
Ciprés adulto	8	23757	2969,6	A	B		
Cuerpos de agua	80	237761,5	2972,0	A	B		
Bosque mixto	37	110701	2991,9	A	B		
Praderas y matorrales	1378	4280484,5	3106,3		B		
Humedales	107	359175,5	3356,7		B	C	
Esclerófilo achaparrado	2	6962	3481,0		B	C	D
roble-hualo renoval	104	373174	3588,2		B	C	D
urbano	226	817703	3618,1		B	C	D
Plantación joven	154	566342	3677,5		B	C	D
Área desprovista	116	444560,5	3832,4			C	D
Ciprés renoval	7	27512,5	3930,3			C	D
agrícola	267	1112886,5	4168,1				D
Ciprés achaparrado	2	8754	4377,0				D
Siempreverde adulto-renoval	1	4594	4594,0				D
Nieves y glaciares	19	90797	4778,7				D
Palma adulto	1	5210	5210,0				D

Anexo 4

Estadística Índice de forma

Estadísticas simples: para el índice de forma

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
palma_adulto	1	3,318	3,318	3,318	
area_desprovista	116	1,028	17,450	2,932	2,373
sv_renoval	1	2,744	2,744	2,744	
sv_adulto-reno	1	2,642	2,642	2,642	
agricola	267	1,072	17,025	2,523	2,145
humedales	107	1,159	6,114	2,427	0,976
escle_adulto-re	235	1,040	6,268	2,287	0,950
exoticas_asilves	84	1,183	7,888	2,284	1,175
escle_adulto	49	1,153	4,786	2,257	0,835
bosque_mixto	37	1,048	4,724	2,249	0,788
escle_achapa	2	1,626	2,824	2,225	0,847
prad_y_matorral	1378	1,014	16,420	2,223	1,463
palma_renoval	14	1,108	4,067	2,222	1,044
escle_renoval	2131	1,031	13,293	2,149	1,057
cipres_renoval	7	1,430	3,067	2,138	0,613
rob-hua_renoval	104	1,121	5,357	2,133	0,858
niev_y_glaciares	19	1,193	3,115	2,007	0,593
urbano	226	1,061	5,422	2,002	0,803
cipres_adulto-re	35	1,159	4,267	1,888	0,870
rob-hua_adult-re	47	1,096	4,941	1,854	0,765
plant_joven	154	1,060	4,964	1,844	0,776
plantacion	688	1,038	8,957	1,821	0,802
cuerpo_agua	80	1,033	8,217	1,815	1,319
rob-hua_adulto	64	1,053	3,180	1,681	0,480
cipres_achapa	2	1,520	1,736	1,628	0,152
cipres_adulto	8	1,066	1,801	1,383	0,303

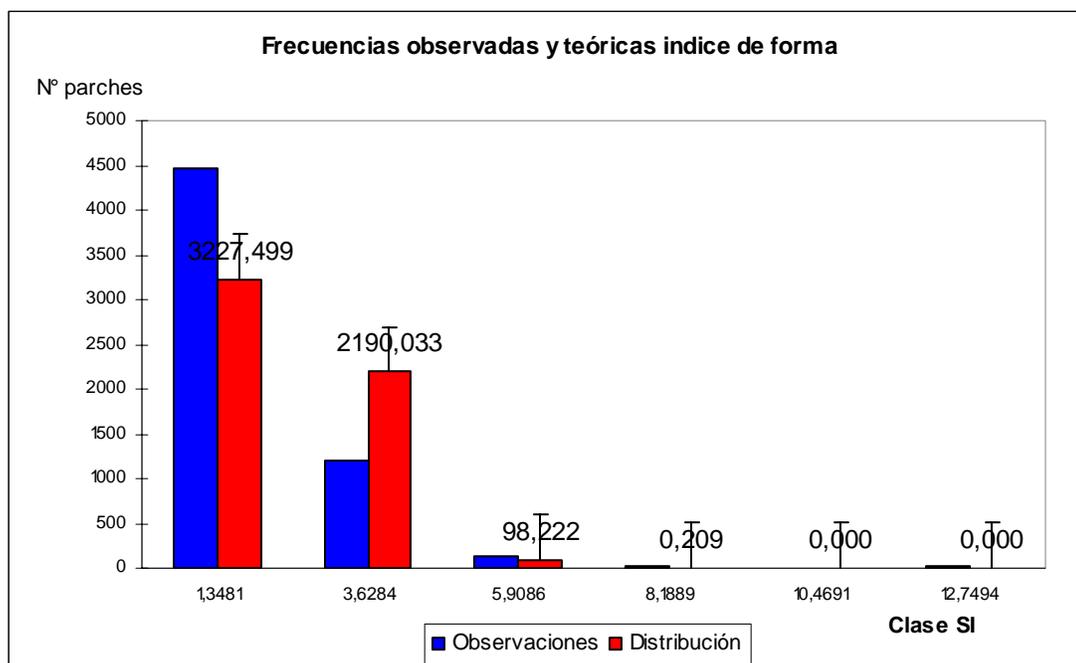
Prueba Chi-cuadrado:	
Chi-cuadrado ajustado (Valor observado)	2.782.007.753.471,33
Chi-cuadrado ajustado (Valor crítico)	7,815
GDL	5
p-valor	< 0,0001
alfa	0,05

Cuadro xx: Test de Kruskal-Wallis para Índice de Forma

K (Valor observado)	247,954
K (Valor crítico)	37,652
GDL	25
p-valor (bilateral)	< 0,0001
Alfa	0,05

Estadísticas descriptivas (Datos cuantitativos):

Estadística	SI
No. de observaciones	5857
No. de valores perdidos	0
Suma de los pesos	5857
Mínimo	1,014
Máximo	17,450
Freq. del mínimo	1
Frec. del máximo	1
Amplitud	16,436
1° Cuartil	1,430
Mediana	1,804
3° Cuartil	2,423
Suma	12567,888
Media	2,146
Varianza (n)	1,523
Varianza (n-1)	1,524
Desviación típica (n)	1,234
Desviación típica (n-1)	1,234
Coefficiente de variación	0,575
Asimetría (Pearson)	4,301
Asimetría (Fisher)	4,302
Asimetría (Bowley)	0,246
Curtosis (Pearson)	31,955
Curtosis (Fisher)	31,983
Error estándar de la media	0,016
Límite inferior de la media (95%)	2,114
Límite superior de la media (95%)	2,177
Desviación absoluta media	0,765
Desviación absoluta mediana	0,449
Media geométrica	1,945
Desviación típica geométrica	1,503
Media armónico	1,809



Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral para el índice de forma:

Muestra	Frecuencia	Suma de los rangos	Media de los rangos	Grupos
SI cipres_adulto	8	9988,000	1248,500	A
SI cuerpo_agua	80	144043,000	1800,538	A
SI rob-hua_adulto	64	139875,000	2185,547	A
SI cipres_achapa	2	4511,000	2255,500	A
SI plantacion	688	1615827,500	2348,586	A
SI cipres_adulto-re	35	82599,000	2359,971	A
SI plant_joven	154	366928,500	2382,653	A
SI rob-hua_adult-re	47	115144,000	2449,872	A
SI urbano	226	636516,000	2816,442	A
SI prad_y_matorral	1378	4103097,000	2977,574	A
SI escle_renoval	2131	6444341,000	3024,092	A
SI palma_renoval	14	42697,500	3049,821	A B
SI niev_y_glaciares	19	58220,500	3064,237	A B
SI rob-hua_renoval	104	323832,500	3113,774	A B
SI agricola	267	846973,000	3172,184	A B
SI exoticas_asilves	84	272044,500	3238,625	A B
SI escle_adulto	49	166405,000	3396,020	A B
SI escle_adulto-re	235	806035,000	3429,936	A B
SI cipres_renoval	7	24085,000	3440,714	A B
SI bosque_mixto	37	129222,000	3492,486	A B
SI area_desprovista	116	408880,500	3524,832	A B
SI escle_achapa	2	7148,000	3574,000	A B
SI humedales	107	391995,500	3663,509	B
SI sv_adulto-reno	1	4677,000	4677,000	B
SI sv_renoval	1	4794,000	4794,000	B
SI palma_adulto	1	5273,000	5273,000	B

Anexo 5

Estadística Dimensión fractal

Estadísticas descriptivas FD(Datos cuantitativos):

Estadística	FD
No. de observaciones	5857
No. de valores perdidos	0
Suma de los pesos	5857
Mínimo	1,187
Máximo	1,560
Freq. del mínimo	1
Frec. del máximo	1
Amplitud	0,373
1° Cuartil	1,288
Mediana	1,322
3° Cuartil	1,356
Suma	7755,259
Media	1,324
Varianza (n)	0,003
Varianza (n-1)	0,003
Desviación típica (n)	0,050
Desviación típica (n-1)	0,050
Coefficiente de variación	0,038
Asimetría (Pearson)	0,360
Asimetría (Fisher)	0,360
Asimetría (Bowley)	-0,012
Curtosis (Pearson)	0,224
Curtosis (Fisher)	0,225
Error estándar de la media	0,001
Límite inferior de la media (95%)	1,323
Límite superior de la media (95%)	1,325
Desviación absoluta media	0,040
Desviación absoluta mediana	0,034
Media geométrica	1,323
Desviación típica geométrica	1,038
Media armónico	1,322

Estadísticas simples: Dimension fractal

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
FD area_desprovista	116	1,212	1,548	1,331	0,072
FD prad_y_matorral	1378	1,199	1,560	1,321	0,048
FD escle_renoval	2131	1,209	1,525	1,338	0,045
FD cuerpo_agua	80	1,211	1,467	1,291	0,054
FD plantacion	688	1,187	1,483	1,307	0,048
FD agricola	267	1,214	1,451	1,300	0,046
FD rob-hua_adulto	64	1,253	1,372	1,315	0,032
FD plant_joven	154	1,194	1,423	1,287	0,046
FD escle_adulto-re	235	1,249	1,483	1,342	0,046
FD bosque_mixto	37	1,249	1,426	1,343	0,050
FD urbano	226	1,201	1,452	1,302	0,046
FD rob-hua_renoval	104	1,212	1,402	1,310	0,042
FD humedales	107	1,217	1,499	1,343	0,063
FD exoticas_asilves	84	1,216	1,541	1,342	0,064
FD escle_adulto	49	1,286	1,424	1,351	0,040
FD palma_renoval	14	1,236	1,414	1,340	0,050
FD cipres_adulto	8	1,200	1,343	1,271	0,051
FD cipres_adulto-re	35	1,230	1,410	1,316	0,048
FD rob-hua_adult-re	47	1,218	1,400	1,312	0,035
FD cipres_renoval	7	1,273	1,342	1,306	0,026
FD niev_y_glaciares	19	1,197	1,335	1,273	0,037
FD sv_renoval	1	1,388	1,388	1,388	
FD escle_achapa	2	1,283	1,384	1,334	0,072
FD cipres_achapa	2	1,268	1,269	1,268	0,001
FD sv_adulto-reno	1	1,338	1,338	1,338	
FD palma_adulto	1	1,349	1,349	1,349	

Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral para la dimensión fractal:

Muestra	Frecuencia	Suma de los rangos	Media de los rangos	Grupos
FD cipres_achapa	2	1574,000	787,000	A
FD niev_y_glaciares	19	23320,000	1227,368	A
FD cipres_adulto	8	10823,500	1352,938	A
FD plant_joven	154	257356,500	1671,146	A
FD cuerpo_agua	80	142645,000	1783,063	A
FD agricola	267	559855,000	2096,835	A
FD urbano	226	494869,000	2189,686	A
FD cipres_renoval	7	15712,500	2244,643	A
FD plantacion	688	1611812,500	2342,751	A
FD rob-hua_renoval	104	256135,500	2462,841	A
FD rob-hua_adult-re	47	118325,500	2517,564	A
FD cipres_adulto-re	35	91736,500	2621,043	A
FD rob-hua_adulto	64	167998,500	2624,977	A
FD prad_y_matorral	1378	3886300,500	2820,247	A
FD area_desprovista	116	334937,500	2887,392	A
FD escle_achapa	2	6468,000	3234,000	A
FD escle_renoval	2131	7297898,000	3424,635	A
FD exoticas_asilves	84	287672,000	3424,667	A
FD humedales	107	367616,500	3435,668	A
FD escle_adulto-re	235	835720,500	3556,257	A
FD palma_renoval	14	49904,000	3564,571	A
FD bosque_mixto	37	132604,500	3583,905	A
FD sv_adulto-reno	1	3634,500	3634,500	A
FD escle_adulto	49	190857,000	3895,041	A
FD palma_adulto	1	4129,000	4129,000	A
FD sv_renoval	1	5247,000	5247,000	A

Anexo 6

Estadística Índice Proximidad medio

Estadística por clase de MPI

Estadística	MPI1000
No. de observaciones	26,00
No. de valores perdidos	-
Suma de los pesos	26,00
Mínimo	-
Máximo	62.796,90
Freq. del mínimo	5,00
Frec. del máximo	1,00
Amplitud	62.796,90
1° Cuartil	7,04
Mediana	62,72
3° Cuartil	269,30
Suma	135.559,42
Media	5.213,82
Varianza (n)	228.543.403,50
Varianza (n-1)	237.685.139,64
Desviación típica (n)	15.117,65
Desviación típica (n-1)	15.417,04
Coefficiente de variación	2,90
Asimetría (Pearson)	2,98
Asimetría (Fisher)	3,16
Asimetría (Bowley)	0,58
Curtosis (Pearson)	7,51
Curtosis (Fisher)	9,45
Error estándar de la media	3.023,53
Límite inferior de la media (95%)	- 1.013,25
Límite superior de la media (95%)	11.440,90
Desviación absoluta media	8.906,66
Desviación absoluta mediana	62,72
Media geométrica	
Desviación típica geométrica	
Media armónico	

Anexo 7

Estadística vecino más cercano

Estadísticas descriptivas (Datos cuantitativos) vecino más cercano:

Estadística	NN
No. de observaciones	5854
No. de valores perdidos	0
Suma de los pesos	5854
Mínimo	0,000
Máximo	72196,038
Freq. del mínimo	17
Frec. del máximo	1
Amplitud	72196,038
1° Cuartil	97,541
Mediana	239,409
3° Cuartil	729,890
Suma	5340085,168
Media	912,211
Varianza (n)	7434537,875
Varianza (n-1)	7435808,085
Desviación típica (n)	2726,635
Desviación típica (n-1)	2726,868
Coefficiente de variación	2,989
Asimetría (Pearson)	11,414
Asimetría (Fisher)	11,417
Asimetría (Bowley)	0,551
Curtosis (Pearson)	198,069
Curtosis (Fisher)	198,239
Error estándar de la media	35,640
Límite inferior de la media (95%)	842,344
Límite superior de la media (95%)	982,079
Desviación absoluta media	1051,704
Desviación absoluta mediana	181,197
Media geométrica	
Desviación típica geométrica	
Media armónico	

Estadísticas simples vecino más cercano:

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Agricola.shp	267	-	11.518,79	1.171,25	1.841,09
Area_desprovista.shp	116	-	26.058,43	2.418,87	3.887,53
Bosque_mixto.shp	37	21,71	31.123,07	6.694,91	8.764,30
Cipres_adulto.shp	8	14,58	61.742,51	9.169,16	21.443,82
Cipres_adulto-re.shp	35	26,12	41.235,49	2.304,46	7.122,41
Cipres_achaparrado.shp	2	24.561,30	24.561,30	24.561,30	-
Esclerofilo_renoval.shp	2131	-	15.413,53	369,50	593,05
Cipres_renoval.shp	7	95,74	55.013,28	8.863,72	20.366,87
Cuerpos_agua.shp	80	208,99	20.892,02	4.798,78	4.622,06
Esclerofilo_adulto.shp	49	23,71	22.517,43	2.269,54	4.253,01
Esclerofilo_achaparrado.shp	2	10.367,78	10.367,78	10.367,78	-
Esclerofilo_adulto-re.shp	235	15,96	8.547,97	846,66	1.477,10
plantacion	688	-	10.596,47	752,95	1.185,17
Exoticas_asilvestradas.shp	84	19,12	39.768,72	2.271,90	5.274,84
Humedales.shp	107	15,72	40.109,19	1.614,44	4.312,82
Nieves_y_glaciares.shp	19	-	7.426,95	1.268,23	2.061,81
Palma_renoval.shp	14	147,60	72.196,04	5.479,59	19.203,16
plantacion joven	154	15,93	29.564,09	2.317,11	4.629,23
praderas y matorrales urbano	1378	-	13.604,96	526,50	924,82
urbano	226	15,40	32.765,46	1.910,07	3.509,65
roble-Hualo Renoval	104	30,31	27.006,97	864,27	2.777,44
roble-hualo adulto	64	33,74	10.123,60	831,02	1.723,89
roble-hualo Adulto-renoval	47	80,26	37.030,52	1.960,59	5.589,62

Comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de Dunn / Prueba bilateral:

Muestra	Frecuencia	Suma de los rangos	Media de los rangos	Grupos
roble-hualo adulto	64	160899,000	2514,047	A
Esclerofilo_renoval.shp	2131	5455014,000	2559,838	A
praderas y matorrales	1378	3650776,000	2649,329	A
roble-Hualo Renoval	104	305931,000	2941,644	A
Esclerofilo_adulto-re.shp	235	699615,000	2977,085	A
plantacion	688	2067835,000	3005,574	A
Nieves_y_glaciares.shp	19	57120,000	3006,316	A B
Cipres_adulto-re.shp	35	105261,000	3007,457	A B
Agricola.shp	267	898336,000	3364,554	A B
Exoticas_asilvestradas.shp	84	284018,000	3381,167	A B
Palma_renoval.shp	14	47608,000	3400,571	A B
roble-hualo Adulto-renoval	47	163761,000	3484,277	A B
Cipres_adulto.shp	8	28955,000	3619,375	A B
Esclerofilo_adulto.shp	49	180177,000	3677,082	A B
Humedales.shp	107	415115,000	3879,579	B
Area_desprovista.shp	116	463220,000	3993,276	B
Bosque_mixto.shp	37	148436,000	4011,784	B
urbano	226	907761,000	4016,642	B
plantacion joven	154	623386,000	4047,961	B
Cipres_renoval.shp	7	30866,000	4409,429	B C
Cuerpos_agua.shp	80	420249,000	5253,113	C
Esclerofilo_achaparrado.shp	2	11569,000	5784,500	C
Cipres_achaparrado.shp	2	11677,000	5838,500	C

Anexo 8

Estadística Índice de Dispersión y Yuxtaposición

Estadísticas descriptivas índice Interdispersión y Yuxtaposición (Datos cuantitativos):

Estadística	IJI
No. de observaciones	26
No. de valores perdidos	0
Suma de los pesos	26
Mínimo	5,380
Máximo	54,850
Freq. del mínimo	1
Frec. del máximo	1
Amplitud	49,470
1° Cuartil	29,193
Mediana	37,875
3° Cuartil	43,405
Suma	923,120
Media	35,505
Varianza (n)	158,891
Varianza (n-1)	165,247
Desviación típica (n)	12,605
Desviación típica (n-1)	12,855
Coficiente de variación	0,355
Asimetría (Pearson)	-0,657
Asimetría (Fisher)	-0,698
Asimetría (Bowley)	-0,222
Curtosis (Pearson)	-0,153
Curtosis (Fisher)	0,085
Error estándar de la media	2,521
Límite inferior de la media (95%)	30,312
Límite superior de la media (95%)	40,697
Desviación absoluta media	10,037
Desviación absoluta mediana	8,450
Media geométrica	32,074
Desviación típica geométrica	1,705
Media armónico	26,478