



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORESTALES

---

***Proyecto de Título***  
***Caracterización de la Ecología del Paisaje***  
***para su Planificación Territorial.***  
***Caso de Estudio Comuna de Futaleufú***

Alumno: Joan Lavandeira Thoms

Profesor guía: Juan Gastó C., Ing Agrónomo, M.Sc., Ph.D.

Profesor co-guía: Eduardo Arellano O., Ing. Forestal, M.Sc.

**SANTIAGO-CHILE**

**OCTUBRE 2004**



## ***Agradecimientos***

A mis amigos del taller de ecosistemas Consuelo Gálvez, Cristóbal Gatica, Gonzalo Reyes, que apoyaron la creación de este trabajo por medio de ideas, conversaciones, conocimientos y críticas, aportando la diversidad de ideas necesarias para el desarrollo de este proceso. A mis compañeros y amigos involucrados de alguna forma con el taller, Javier Rau, Leonardo Vera, Leonardo Rodríguez, Ursula Willmanns, Daniela León que compartimos una gran aventura en la campaña en terreno en un viaje inolvidable.

A Don Juan que siempre buscó motivación y esfuerzo en la creación de este trabajo, y que fue el principal gestor de esta empresa, y a quien le debo la orientación ideológica y académica que me motiva en la actualidad. A Eduardo Arellano, quien apoyo las ideas y las ganas de realizar este proyecto, aportando las ideas contemporáneas de la investigación científica.

También es necesario mencionar el apoyo de la fundación *Conservation Land Trust*, quienes apoyaron en el trabajo en gabinete y en terreno con medios para el desarrollo del proyecto de investigación.

A mis amigos mas cercanos y especialmente a mi familia quien apoyó todos estos años de estudios y de mi desarrollo personal.

***Gracias***

## Resumen

Se analiza desde la perspectiva de la Ecología del Paisaje la caracterización de la estructura y la *arquitectura* del territorio, en términos del uso de la tierra derivado del catastro vegetacional del bosque nativo realizado por CONAF-CONAMA-BIRF (1999). Se presenta el marco teórico de la ecología de paisaje y la metodología utilizada para la caracterización de la estructura de éste para la Comuna de Futaleufú, Provincia de Palena, X Región.

Se justifica este estudio al considerar de planificación de grandes extensiones con múltiples recursos debido a la necesidad de una adecuada caracterización de los ecosistemas presentes y de los efectos que el hombre genera al extraer y modelar la naturaleza y el *territorio*. Se introduce el término de *paisaje* como unidad territorial, ya que se define como un sistema de ecosistemas, permitiendo trabajar en múltiples escalas, además de incorporar el factor antrópico. El paisaje es una unidad territorial-cultural, por lo que integra el territorio con los usos que le da el hombre, determinado por los factores geográficos y en general los recursos naturales presentes. La ecología del paisaje es una disciplina relativamente nueva (fines del siglo XX), y estudia la relación holística o de sistema del territorio, considerando al ecosistema como un mosaico de componentes que lo caracterizan.

Además de describir y clasificar los distintos hábitat-parches presentes en la Comuna de Futaleufú utilizando el catastro vegetacional del Bosque Nativo realizado por CONAF-CONAMA-BIRF (1999), se relaciona con comparar las unidades territoriales (cuencas) en términos de las características de unidad mediante la cuantificación de los elementos del paisaje (en inglés: *landscape metrics*, Mc Garigal y Marks (1995)), y caracterizar la estructura el mosaico-paisaje compuesto de las distintas cuencas.

La *composición del paisaje* es la variedad y abundancia relativa de cada tipo de hábitat o parche contenido dentro del paisaje que puede ser descrito con varios indicadores eco-métricos que miden la presencia, ausencia, o proporciones relativas de los componentes, con los cuales se construyen modelos de composición del paisaje.

La *configuración del paisaje* se refiere a los atributos asociados con la disposición espacial de los elementos del paisaje, que son las causas del aislamiento (fragmentación) y dispersión. Las medidas de la localización de un tipo de parche con respecto a otros, de los límites del paisaje y otros atributos que denotan el funcionamiento y la conectividad de los elementos del paisaje pueden ser analizados en los modelos de fisonomía del paisaje.

Los resultados determinan que estas cuencas poseen una gran influencia de los parches de recursos ambientales, que se relacionan a zonas aisladas dentro de los valles y a zonas intangibles ubicadas en las alturas de la cordillera. En cambio las zonas relacionadas a fondos de valle y cercanas a cursos de agua muestran un mayor impacto por parte de actividades humanas provenientes del proceso de colonización de la zona de Chiloé continental.

Debido a que la Provincia de Palena posee un bajo efecto antrópico, la alta proporción de zonas de recursos naturales y de altas cumbres no es una sorpresa, ni tampoco que los fondos de valles y piedmontt posean la receptividad tecnológica relacionada a zonas ganaderas y agrícolas, plantaciones forestales y aprovechamiento del recurso bosque en forma de extracción de leña, zonas urbanas, por ejemplo. La metodología aplicada facilita la comprensión de la arquitectura del paisaje, y por esto, el estudio de ecosistemas de grandes extensiones, en dónde la utilización de los SIG es clave a la hora de modelar la geoforma y las distintas formas de ocupación de suelo.



## **CONTENIDOS**

<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>4</b>
<b>I.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>5</b>
<b>I.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>5</b>
<b>II. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS</b>	<b>6</b>
<b>II.1 EL PAISAJE COMO UNIDAD ECOLOGICA</b>	<b>6</b>
II.1.1 ESTRUCTURA	10
II.1.1.1 PARCHES	10
II.1.1.2 BORDES Y LIMITES	13
II.1.1.3 CORREDORES	14
II.1.1.3.1 ESTRUCTURA DE CORREDORES	17
II.1.1.3.2 TIPOS DE CORREDORES	18
II.1.1.4 MATRIZ Y REDES	20
II.1.2 FUNCION	24
II.1.3 DINAMICA	25
<b>II.2 CUANTIFICACIÓN DE PATRONES ESPACIALES</b>	<b>29</b>
II.2.1 CARACTERIZACIÓN DE PARCHES Y CORREDORES	30
<b>II.2 DISEÑO DEL TERRITORIO: APLICACIONES GENERALES</b>	<b>32</b>
II.2.1 PLANIFICACIÓN ECOLÓGICA DEL PAISAJE	33
II.2.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN	35
II.2.3 INTEGRACIÓN DEL MODELADO ESPACIAL Y SIG	39
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>40</b>
<b>III.1 BREVE RESEÑA HISTORIA</b>	<b>40</b>
<b>III.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: SISTEMA TERRITORIAL</b>	<b>40</b>
<b>III.3 SENTIDO DEL HIPERPROBLEMA: ANALISIS Y SINTESIS</b>	<b>42</b>
<b>III.4 ANTECEDENTES DE METODOLOGÍA APLICADA</b>	<b>43</b>
<b>IV. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>45</b>
<b>IV.1 MATERIALES</b>	<b>45</b>
IV.1.1 FUENTES DE INFORMACIÓN	45
IV.1.2 ZONA DE ESTUDIO: LOCALIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA COMUNA DE FUTALEUFÚ	45
IV.1.2.1 PROVINCIA DE PALENA	47
IV.1.2.2 LOCALIZACIÓN ECORREGIONAL DE LA PROVINCIA DE PALENA	50
IV.1.2.3 USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETACIONAL DE LA PROVINCIA DE PALENA	52

IV.1.2.4 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE PALENA	53
IV.1.2.5 COMUNA DE FUTALEUFÚ	54
IV.1.2.5.1 MICROCLIMA DE LA COMUNA	55
IV.1.2.5.2 GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS	56
IV.1.2.5.3 HOYA DEL RÍO FUTALEUFÚ	57
IV.1.2.5.3 COMUNIDAD VEGETAL	58
<b>IV.2 METODOLOGIA</b>	<b>59</b>
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>63</b>
<b>VI. DISCUSIÓN y CONCLUSIONES</b>	<b>74</b>
<b>VI.1 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE PAISAJE</b>	<b>74</b>
VI.1.1 CUENCA RÍO BLANCO-RÍO AZUL	74
VI.1.1.2 TIPOLOGÍAS DE PARCHES	74
VI.1.1.2.1 PERTURBACIÓN NATURAL	74
VI.1.1.2.2 RECURSOS AMBIENTALES	75
VI.1.1.2.3 RECURSOS REMANENTES	76
VI.1.1.2.4 ORIGEN ANTROPICO	76
VI.1.1.3 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ	76
VI.1.1.4 FLUJOS	80
VI.1.1.5 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO	81
VI.1.1.6 FUERZAS DE CAMBIO	81
VI.1.2 CUENCA LAGO ESPOLÓN	82
VI.1.2.1 TIPOLOGÍAS DE PARCHES	82
VI.1.2.1.1 PERTURBACIÓN NATURAL	82
VI.1.2.1.2 RECURSOS AMBIENTALES	82
VI.1.2.1.3 RECURSOS REMANENTES	83
VI.1.2.1.4 ORIGEN ANTRÓPICO	83
VI.1.2.2 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ	83
VI.1.2.3 FLUJOS	87
VI.1.2.4 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO	88
VI.1.2.5 FUERZAS DE CAMBIO	88
VI.1.3 CUENCA RÍO AZUL	89
VI.1.3.1 TIPOLOGÍAS DE PARCHES	89
VI.1.3.1.1 PERTURBACIÓN NATURAL	89
VI.1.3.1.2 RECURSOS AMBIENTALES	89
VI.1.3.1.3 RECURSOS REMANENTES	90
VI.1.3.1.4 ORIGEN ANTROPICO	90
VI.1.3.2 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ	91
VI.1.3.3 FLUJOS	94

VI.1.3.4 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO	95
VI.1.3.5 FUERZAS DE CAMBIO	95
VI.1.4 CUENCA RÍO FUTALEUFÚ	96
VI.1.4.1 TIPOLOGÍAS DE PARCHES	96
VI.1.4.1.1 PERTURBACIÓN NATURAL	96
VI.1.4.1.2 RECURSOS AMBIENTALES	96
VI.1.4.1.3 RECURSOS REMANENTES	97
VI.1.4.1.4 ORIGEN ANTRÓPICO	97
VI.1.4.1.5 HABITADOS	97
VI.1.4.2 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ	98
VI.1.4.3 FLUJOS	103
VI.1.4.4 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO	104
VI.1.4.5 FUERZAS DE CAMBIO	104
VI.1.5 HOYA DEL FUTALEUFÚ	105
VI.1.5.1 TIPOLOGÍAS DE PARCHES	105
VI.1.5.1.1 PERTURBACIÓN NATURAL	105
VI.1.5.1.2 RECURSOS AMBIENTALES	105
VI.1.5.1.3 RECURSOS REMANENTES	106
VI.1.5.1.4 ORIGEN ANTROPICO	106
VI.1.5.1.5 HABITADOS	107
VI.1.5.2 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ	108
VI.1.5.3 FLUJOS	109
VI.1.5.4 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO	109
<b>VI.2 CONCLUSION FINAL</b>	<b>112</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>114</b>

## I. INTRODUCCION

La Provincia de Palena y los asentamientos urbanos presentes son el resultado de una historia de poblamiento y colonización improvisada, en donde no existió una planificación territorial en relación a las características geomorfológicas y ecológicas, debido a la ausencia del conocimiento de los recursos existentes. El problema que enfrenta la planificación del territorio se debe al desconocimiento de herramientas que existen para ubicar espacialmente los sistemas sociales, productores, de protección y de conservación, en el contexto del ecosistema predial y el paisaje.

Las decisiones que involucran los recursos naturales de un país no siempre son las más acertadas. Esto no ocurre generalmente por la mala voluntad o por intereses particulares, sino por la carencia del conocimiento del patrimonio natural y urbano, además de una estructura legal que lo sustente. Las deficiencias actuales en términos legislativos no son consideradas en este trabajo, ya que los objetivos se centran en la caracterización de los recursos de la comuna de Futaleufú, enmarcados en el contexto territorial de la Provincia de Palena.

Esto se relaciona con la arquitectura de espacios o zonificación de usos en el territorio, y la asignación espacial de las unidades territoriales. Una de las alternativas para la planificación de espacios urbanos y rurales es el **Uso Múltiple del Territorio**, que busca maximizar los usos posibles y tratando de minimizar el riesgo y costo asociado a las actividades productivas. Considera que el territorio como unidad de manejo posee distintas dimensiones o escalas de uso, en donde una escala posee varias alternativas y orientaciones, que se complementan con los usos posibles dentro y entre escalas. Se busca diseñar el paisaje en función de los diversos usos posibles, evitando los enfoques sectoriales que impidan las negociaciones de usos posibles, evitando el conflicto entre los usos.

La consideración de planificación de grandes extensiones con múltiples recursos necesita de una adecuada caracterización de los ecosistemas presentes y de los efectos que el hombre genera al extraer y modelar la naturaleza. Se introduce el término de paisaje como unidad territorial, ya que se define como un sistema de ecosistemas, siendo escala-dependiente, permitiendo trabajar en múltiples escalas, además de incorporar el factor socio-cultural propio. El paisaje es una unidad territorial-cultural, por lo que integra el territorio con los usos que les da el hombre determinado por los factores geográficos y en general los recursos naturales presentes. La ecología del paisaje es una disciplina relativamente nueva, y estudia la relación holística o de sistema del territorio, considerando al paisaje como un mosaico de componentes que lo caracterizan.

Este trabajo busca reunir antecedentes de la Ecología del Paisaje y caracterizar en términos de esta disciplina el paisaje de la Comuna de Futaleufú, Provincia de Palena. Para esto se utiliza información disponible sobre esta zona y por medio de un Sistema de Información Geográfico establecer y caracterizar la arquitectura del paisaje, con el

objeto de proponer una plataforma de discusión para determinar los usos posibles y las limitaciones existentes en la zona.

Este trabajo se desarrollo a partir de una revisión bibliográfica de la disciplina de la Ecología del Paisaje (Troll (1971), Zonneveld (1979), Forman y Godron (1986), Makhzoumi y Pungetti (1999) y otros), de la caracterización y arquitectura de este (Dramstad et al (1996), Mc Garigal y Marks (1994)) y de la representación mediante SIG y modelación territorial. Posteriormente se aplica la metodología desarrollada más adelante lo que permite caracterizar al paisaje de la Hoya del río Futaleufú, Comuna de Futaleufú, Provincia de Palena, X Región de Los Lagos, Chile.

## **I.1 OBJETIVO GENERAL**

Se busca caracterizar en términos de la Ecología del Paisaje a la Comuna de Futaleufú, Provincia de Palena, con el fin de generar información que permita diseñar y ordenar el territorio que comprende esta comuna, generando una base de datos que sirva para la planificación ecológica de la Comuna y de la Provincia.

## **I.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Caracterización de la superficie de estudio en términos de la Ecología del Paisaje propuesta por Forman y Godron (1986).
  - Describir y clasificar los distintos hábitat-parches presentes en la Comuna de Futaleufú utilizando el catastro vegetacional del Bosque Nativo realizado por CONAF-CONAMA-BIRF (1999).
  - Describir y caracterizar los distintos corredores naturales y antrópicos de la Comuna.
  - Describir y determinar el comportamiento del mosaico-paisaje en términos de su función.
- Comparar las unidades territoriales (cuencas) en términos de las características de unidad mediante la disciplina de la Ecología del Paisaje, y caracterizar el mosaico-paisaje compuesto de las distintas cuencas.
- Presentación de mapas y perspectivas 3D para la presentación de los modelos de paisaje; esto incluye **representaciones cartográficas 2D y 3D, perfiles, animaciones y recorridos virtuales**.
  - incluir **modelos de elevación digital** (MDE) a los modelos de representación cartográfica convencional (vectorial)
  - creación de **paisajes digitales** para la visualización de la zona estudiada

## II. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

### II.1 EL PAISAJE COMO UNIDAD ECOLÓGICA

Se presenta la *Ecología del Paisaje* como un estudio del ambiente natural, comprendiendo todos los factores ecológicos involucrados no solamente en las ciencias naturales, sino también en el uso de la tierra, en la planificación urbana y en la sociedad. También se define al paisaje como un proceso de desarrollo dinámico en la superficie visible de la tierra, resultante de la interacción entre factores abióticos, bióticos y humanos, los cuales varían de acuerdo al sitio y al tiempo (Makhzoumi y Pungetti, 1999). Un paisaje es un mosaico de parches organizados en jerarquías discontinuas anidadas, por lo que como unidad ecológica básica se entiende que el parche es la unidad estructural y funcional fundamental (D'Angelo, 2002a). El parche es escala dependiente, ya que depende de la escala de observación elegida para resolver cierto problema.

La ecología del paisaje provee una fundación racional para entender los procesos naturales y su interacción, y puede guiar a aproximaciones al desarrollo del paisaje y del medioambiente y su manejo. La ecología del paisaje es el estudio de las relaciones físico-biológicas que gobiernan las unidades espaciales de una región (Troll, 1971). Considera las relaciones entre la dimensión vertical (dentro de la unidad espacial) y la horizontal (entre unidades espaciales). El paisaje es la parte de la superficie terrestre, que consiste en un sistema complejo (distintos sistemas), formado por la actividad de la roca, agua, aire, plantas, animales y el hombre y que por su fisonomía forma una entidad reconocible (Zonneveld, 1979). Los principios de la ecología del paisaje son aplicados a la ecología del mosaico a los distintos niveles de escala (Forman y Godron, 1986). También se la puede considerar como una superficie terrestre heterogénea compuesta de un cluster de ecosistemas interactivos que están repetidos espacialmente emergiendo patrones espaciales.

La aproximación holística de la ecología del paisaje permite la interpretación del territorio como un todo, ya que la ecología moderna relaciona al hombre y los paisajes abiertos y construidos, existiendo una importancia en la forma, función y génesis. Es una aproximación integradora que toma en consideración los procesos humanos, socio-económicos y ecológicos, los cuales contribuyen hacia una aproximación práctica y más sofisticada. Difiere de la ecología tradicional en que está enfocada en el territorio o el paisaje como un objeto, utilizando perspectivas espaciales y ecosistemicas, hasta implicancias estéticas. Reconoce el rol dinámico del hombre como un componente central del paisaje e integra la aproximación horizontal de la geografía, con la aproximación vertical más funcional de la ecología. La mirada holística se fundamenta en la idea de identificar la tierra y la naturaleza como una unidad definida, con la implicancia que el valor de la unidad es distinta a la simple suma de las partes (Makhzoumi y Pungetti, 1999). Permite la simplificación de la actividad científica reduciendo la observación analítica facilitando el entendimiento de procesos y estructuras complejas. Las conexiones entre recursos, el uso humano y los patrones

que se crean en el territorio tienen mucho en común con lo concerniente a la arquitectura del paisaje, la planificación y el manejo.

La clasificación jerárquica ayuda a explorar patrones y procesos a través de diferentes niveles de escalas espaciales y temporales. La primera es la biosfera, compuesta por biosistemas, los cuales pueden ser paisajes naturales y seminaturales, con el *biotopo* como el biosistema más pequeño (Makhzoumi y Pungetti, 1999). La ecosfera es el sistema planetario que incluye y sostiene la vida, que esta compuesta por ecosistemas, que representan la interacción entre los organismos y un hábitat particular, considerando al *ecotopo* como la unidad más pequeña, caracterizado por una homogeneidad de la unidad en por lo menos un atributo (geoforma, suelo, vegetación). En resumen, se considera como una unidad espacial definida por la composición y la estructura determinada por condiciones locales abióticas, bióticas y humanas. Posteriormente la existencia de la tecnosfera como el mundo creado por el hombre, compuesta de tecnosistemas e incluye los paisajes rurales, urbanos e industriales, referidos a los ecosistemas humanos.

La *arquitectura del paisaje* se caracteriza por unidades territoriales desde el punto de vista del ámbito natural y cultural que lo constituye. Esta arquitectura básicamente se resume en la configuración de los elementos geográficos, bióticos y antrópicos, comportándose como una unidad (sistema de ecosistemas). Según Flores (2002) la percepción del espacio como mapa cognitivo, representa un esquema abstracto que integra redes de representaciones que permiten la percepción del espacio como un continuo, más allá de los límites que imponen los sentidos. Estos se fundamentan en la identidad del paisaje y la sensorialidad y cualidades perceptivas de un ambiente como experiencia (recordable, reconocible y vivida). La experiencia social compartida o colectiva reconoce los mismos aspectos recurrentes como significativos.

La pérdida y aislamiento de hábitat es la principal pérdida ecológica del mundo moderno. Distintos procesos dinámicos causan el aislamiento y la pérdida de hábitat en el tiempo (Dramstad et al, 1996):

- *fragmentación*: rompimiento de hábitat extensos y nativos en pequeños parches dispersos
- *dissección*: separación de un hábitat intacto en dos parches separados por un corredor
- *perforación*: creación de hoyos dentro de un hábitat sin efecto antrópico anterior
- *contracción*: disminución del tamaño de uno o mas hábitat
- *agotamiento*: desaparición de uno o mas hábitat

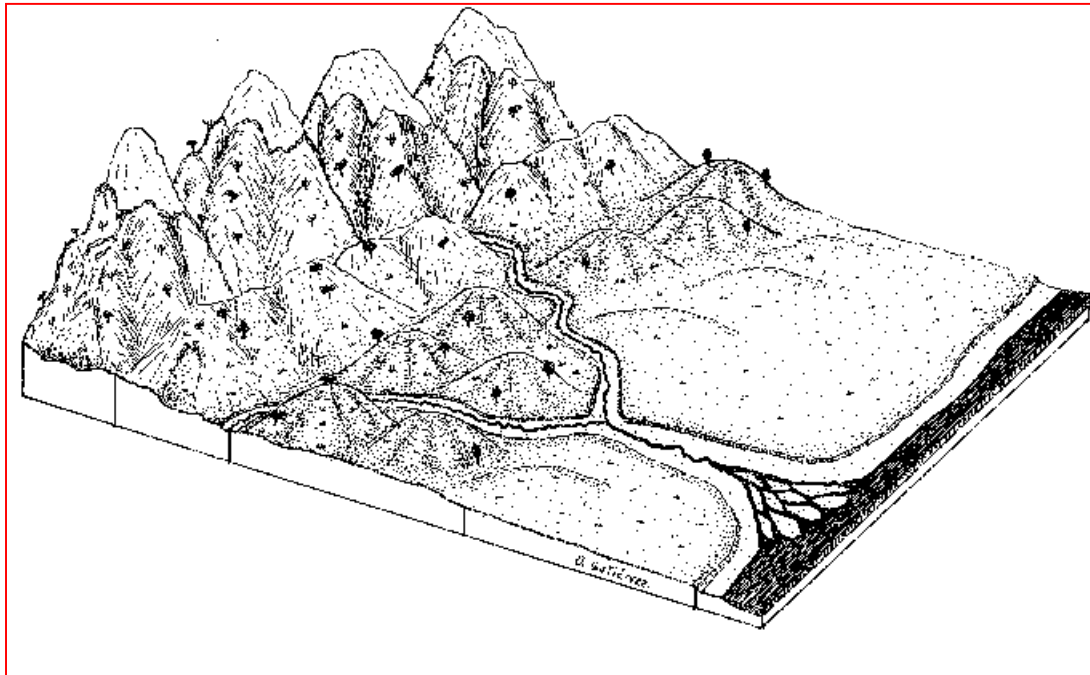
El paisaje incluye todos sus atributos (área, relieve, forma del perímetro, capacidad de circuitos, conectividad, configuración, etc.) en una estructura dinámica distinguible en el tiempo como ente evolutivo y en el espacio como todo lo que se aprecia de una sola mirada. La palabra paisaje viene del latín *pagus* o país (lugar o sector territorial) (Bolos et al. 1992) y de *pagensis* o campestre (Tesser Obregon, 2000). Según Bücher (2002) es un concepto de elaboración cognitiva en base a la percepción del territorio y del

medio ambiente, que permite entender y relacionarse con el entorno. Un paisaje solo es en la medida que existe un organismo perceptor (interfaz entre organismo y ambiente). Según Cáncer (1999) (citado por Bücher (2002)) el conjunto de características visibles del medio que constituyen un determinado paisaje no varía en función de quien los percibe, pero cada individuo recibe una impresión distinta, subjetiva, condicionada culturalmente de ese paisaje, designa un objeto geográfico concreto como su imagen perceptual y cultural.

Los factores formadores del paisaje se pueden entender abstractamente como capas de información que se superponen una sobre otra, determinando secuencialmente el carácter del paisaje (geomorfología, clima, vegetación, fauna) conformando un sistema ecológico complejo (un tipo de mosaico característico):

- **geomorfología:** base o estructura física donde se asientan los otros factores formadores del paisaje
- **clima:** determinado por el gradiente altitudinal y latitudinal; modela la morfodinámica y establece los gradientes de temperatura, precipitación y humedad sobre el territorio
- **vegetación y fauna:** determinado por los factores anteriores se desarrolla la sucesión vegetacional y faunística
- **efecto antrópico:** factor importante en la modelación de los paisajes (como elemento de la fauna define conceptos (abstracciones, modelos, inferencias, interpretaciones, discretizaciones, etc.) e interviene al ecosistema según sus intereses convenientes; modelador del paisaje), estableciendo nuevos paisajes (tecnonaturaleza), modificando los factores de vegetación y fauna e influyendo sobre suelos, morfología y el clima.

Pueden existir límites abruptos o graduales entre los elementos del paisaje. El cambio gradual es más característico de los paisajes naturales sin significativa influencia humana (Forman y Godron, 1986). La influencia humana tiende a eliminar los cambios graduales y a producir límites abruptos. Al remover un elemento se alteran los flujos de distintas maneras y el nuevo arreglo de los elementos existentes causa grandes cambios en las funciones de su vecindad (Dramstad et al, 1996). El cambio del mosaico al agregar un eco-elemento (casa, camino, árbol) cambia el funcionamiento del paisaje. Los animales cambian sus rutas, los flujos de agua alteran su dirección, la erosión de partículas cambia y el movimiento humano es diferente en función de la arquitectura y geomorfología presentes (Figura 1).



**Figura1: diversidad de ámbitos en el paisaje (Modificado de Gastó et al, 2000)**

Según Forman y Godron (1986) todos los paisajes (naturales o artificializados) poseen un modelo estructural similar. La ecología del paisaje explora cómo una combinación heterogénea de ecosistemas tiene *estructura, función y dinámica*, en la distribución de parches de los elementos del paisaje o ecosistema (flujos de fauna, flora, energía, minerales, nutrientes, agua) y los cambios ecológicos en el mosaico del paisaje en el tiempo:

- **Estructura:** la interrelación espacial entre los distintos componentes del ecosistema (energía, materia y especies en relación al tamaño, forma, número, clase y configuración del ecosistema). La *estructura del paisaje* se refiere a los patrones espaciales o arquitectura de sus elementos.
- **Función:** la interacción entre los elementos espaciales (flujos de energía, materia, y especies entre componentes ecosistémicos). La *función* se refiere al flujo de animales, plantas, agua, viento, materiales y energía a través del paisaje.
- **Cambio:** la alteración en la estructura y función del mosaico ecológico en el tiempo. El *cambio* es la dinámica o alteración espacial de los patrones y su funcionamiento en el tiempo.

## II.1.1 ESTRUCTURA

Los **parches**, **corredores** y la **matriz** permiten el flujo de energía a través del sistema, definiendo la estructura o configuración espacial del paisaje. Estos son los elementos con los que se diseña para la planificación del uso del territorio y la arquitectura del paisaje, relacionados con el control de movimientos, flujos y cambios. La estructura del paisaje permite describir las relaciones espaciales entre componentes y depende de dos aspectos que son identificados a nivel metapoblacional (población interactuante subdividida en una cantidad diferente de parches): **configuración** y **composición**.

La *composición del paisaje* es la cantidad relativa de cada tipo de hábitat (parche o corredor) contenido dentro del paisaje que puede ser descrito con varios indicadores ecométricos que miden la presencia, ausencia, o proporciones relativas de los elementos del paisaje, como son índices de dominancia, de riqueza relativa y de diversidad, con los cuales se construyen modelos de composición del paisaje.

La *configuración del paisaje* se refiere a los atributos asociados con la disposición física de los elementos del paisaje, como son el aislamiento y contagio. Las medidas de la localización de un tipo de parche con respecto a otros, de los límites del paisaje y otros atributos que denotan el funcionamiento y la conectividad de los elementos pueden ser analizados en los modelos de fisonomía del paisaje. La composición del paisaje asocia la variedad y abundancia relativa de los tipos de parches que hay en un paisaje pero no los explicita espacialmente (no da la localización del parche dentro del mosaico del paisaje) (Bücher, 2002), por lo que la configuración se refiere a su distribución física o la característica espacial del parche dentro del paisaje. La composición y configuración es factible de describir por medio de SIG, determinando las características de la cobertura de cada parche, su ubicación espacial, su descripción y su participación en la unidad.

### II.1.1.1 PARCHES

Es una unidad espacial homogénea que es distinta de su entorno y puede ser caracterizado por su tamaño, forma, tipo de borde, composición interna, origen, distribución espacial y el número de parches presentes en el paisaje, componiendo un mosaico de parches (Bücher, 2002).. Normalmente los parches son comunidades de plantas y animales ensambladas o anidadas. Pueden existir parches de cobertura biótica, o que contienen microorganismos primarios, y que son mucho más caracterizados por la presencia de roca, suelo, pavimento o construcciones. La ecología del paisaje considera los parches como hábitat análogos a las islas biogeográficas, insertas en la matriz terrestre (Dramstad et al, 1996). Los parches exhiben un grado de aislamiento, dependiendo de la composición de especies presentes.

La fragmentación de parches crea una barrera física para la dispersión de perturbaciones, como el fuego. Pero la fragmentación disminuye la calidad ecosistémica, ya que los parches grandes de vegetación natural son las únicas estructuras en un paisaje que protegen las reservas acuíferas y mantienen conectada

la red de corredores de flujo (red hidrográfica), sustentan las poblaciones viables de especies en el interior y permiten la ocurrencia de perturbaciones naturales (Dramstad et al, 1996). El *tamaño* de un parche influye en la cantidad y calidad de hábitat presentes en él. La fragmentación de parches grandes en unidades de parches, crea un hábitat en el borde de los parches, aumentando la superficie del hábitat de las especies del borde (Dramstad et al, 1996). También genera que el hábitat interior disminuya en superficie, disminuyendo el tamaño poblacional. Las especies en los parches grandes tienen una probabilidad menor de extinguirse, comparado a parches de menor superficie relativa. La extinción es más probable en parches más pequeños o con una calidad de hábitat baja. Además los parches grandes poseen una mayor diversidad de hábitat que los parches pequeños. El tamaño de los parches es una cuestión difícil de determinar, ya que se debe encontrar el tamaño mínimo y el óptimo necesario para cumplir un objetivo particular para obtener una eficiencia productiva. En términos generales la cantidad de energía y nutrientes almacenada o el flujo en un lugar está dado por el tamaño (Forman y Godron, 1986). La cantidad total de energía o nutrientes en un parche es simplemente proporcional al área del parche: grandes parches contienen más energía y nutrientes minerales que parches más pequeños. Los parches pequeños tienen una mayor proporción de límites que parches grandes

La *cantidad* de parches de un tipo de hábitat en particular, es importante para mantener y asegurar la sustentabilidad de las metapoblaciones, sean estas vegetales o animales. La remoción de parches causa la pérdida de hábitat, que frecuentemente reducen el tamaño poblacional de especies que dependen de este hábitat en particular, disminuyendo la diversidad de hábitat, perjudicando a algunas especies (Dramstad et al, 1996). La remoción de parches reduce el tamaño de las metapoblaciones, incrementando la probabilidad de extinción dentro del parche, disminuyendo los procesos de recolonización y reduciendo la estabilidad de la metapoblación. Algunas especies pueden sobrevivir cuando existen pequeños parches conectados, en ausencia de un parche extenso.

La *ubicación espacial* se relaciona con la geolocalización de elementos que pertenecen al mosaico paisaje. La selección de parches para la conservación depende de su contribución al ecosistema total como la localización de un parche relaciona o conecta a otros parches dentro de un paisaje y de las características inusuales o distintivas cuando un parche es considerado como raro o posee especies endémicas (Dramstad et al, 1996). La probabilidad de extinción de especies es alta en un parche aislado, por lo que el aislamiento no solo depende de la distancia, sino que también de otras características, como la resistencia, que intervienen el hábitat-matriz. Un parche localizado cerca de otros parches tiene altas probabilidades de recolonizar dentro de un intervalo de tiempo, comparado a hábitats aislados.

El origen y el cambio en los parches depende de los mecanismos causativos o su origen, que implican disturbios, heterogeneidad ambiental y alteraciones antrópicas (Forman y Godron, 1986). Además de la dinámica de especies que es una sucesión particular y de la tasa de especies que desaparecen y que llegan en un parche que pueden variar, y pueden ser cambios en el tamaño poblacional de las comunidades presentes.

Pueden existir **parches de perturbación** en una pequeña área en una matriz, que generalmente son perturbaciones naturales como deslizamientos, avalanchas, tormentas de viento, tormentas de hielo, y muchos otros cambios naturales. La frecuencia de cada efecto de los agentes causales es impredecible, en la mayoría de los casos se debe a factores ambientales internos y externos del área del parche.

Las **perturbaciones humanas** también causan disturbios en la dinámica de los parches (cosecha forestal, quemas, minería, etc.). Estas se fundamentan en la sistemogénesis (sucesiones primarias y secundarias de ecosistemas particulares) y en el aprovechamiento antrópico de los recursos naturales.

Los **parches remanentes** son los causados por perturbaciones en una pequeña escala, como un mecanismo inverso que forma los parches de perturbaciones. Es el remanente que queda al ocurrir una perturbación. Se origina por perturbaciones, en donde cambia el tamaño poblacional, inmigración y extinción, por lo que tiene una alta tasa de recambio.

Los **parches de recursos ambientales** son parches más estables, en donde existe una mayor resistencia a las perturbaciones. La distribución de recursos es relativamente permanente y el recambio es extremadamente bajo (Forman y Godron, 1986). Los organismos de los parches difieren de los alrededores de la matriz, porque las condiciones medioambientales o recursos son diferentes. El *ecotono* (zona de traslape) separa los parches de la matriz, y está relativamente definida, como es comúnmente el caso en disturbios causados por parches.

Los **parches antrópicos** están en donde el hombre introduce especies vegetales, por lo que la dinámica de especies y el recambio dependen de el mantenimiento de las actividades humanas (Forman y Godron, 1986). Si no existen actividades culturales (agricultura, silvicultura, etc.), lo más probable es que aparezcan especies invasoras, por lo que la calidad ecosistémica depende de los objetivos de manejo humanos.

Los **parches habitados** son los que dominan las sociedades humanas, en donde las personas son los mayores componentes de estos paisajes en el presente. El hombre tiene el rol de manejar los parches y en una matriz perturbada con algunas actividades que produzcan perturbaciones y parches remanentes. El origen de la habitación es una perturbación que implica la eliminación parcial o total del ecosistema natural (Forman y Godron, 1986). Posteriormente sigue una construcción e introducción de nuevas especies, estos parches se mantienen estables por años, décadas o siglos, antes de desaparecer. La estructura ecológica dentro de los parches habitacionales esta basada en tipos de organismos que han cambiado el ecosistema natural, estos ecosistemas incluyen cuatro tipos de especies: humanos, plantas y animales introducidas, plagas introducidas y especies nativas inmigrantes.

### II.1.1.2 BORDES Y LIMITES

Un *borde* es considerado como la porción de un parche en donde el ambiente difiere significativamente del interior del parche. Se genera el *efecto borde* que se define como la diferencia en estructura vertical y horizontal, ancho, composición de especies y abundancia, en donde las condiciones del borde del parche difieren del interior (Dramstad et al, 1996). En cambio, los *límites* pueden ser administrativos o geopolíticos, y se consideran como divisiones artificiales entre lo interior y lo exterior, los cuales no corresponden a los bordes o límites ecológicos (Dramstad et al, 1996). El desarrollo humano continúa expandiéndose hacia los ecosistemas naturales, aumentando la interacción crítica entre el ámbito antrópico y los hábitat naturales. La forma del parche esta determinada por sus bordes, y puede ser manejada por la arquitectura del paisaje y la planificación del uso de la tierra para lograr las funciones ecológicas o los objetivos de manejo (Dramstad et al, 1996). La *estructura del borde* determina el funcionamiento del continuo parche-parche, parche-corredor, corredor-corredor. Los límites vegetativos con una alta *diversidad estructural* (vertical u horizontal) poseen mayores poblaciones de especies de borde. El *ancho del borde* difiere alrededor del parche, generalmente es mas ancho al estar expuesto a la dirección de vientos predominantes y la exposición solar. Los límites administrativos de un área protegida que no coinciden con los límites ecológicos generalmente crean un área que actúa como zona buffer, reduciendo la influencia del medio sobre el interior del área protegida.

Los bordes del parche normalmente funcionan como filtro, los cuales amortiguan las influencias del medio hacia el interior del parche. El aumento de límites abruptos tiende a aumentar el movimiento a lo largo del borde, en cambio, la disminución de límites abruptos favorece el movimiento dentro del borde (Dramstad et al, 1996). Dependiendo del origen del límite que determina una unidad se pueden encontrar distintas formas de los elementos del paisaje. Los *límites humanos* tienden a ser regulares, simples y abruptos, facilitando especies a lo largo de el. Los *límites naturales* son curvilíneos, complejos y suaves, y tienden a conducir especies a través de el. Los límites suaves poseen mayores beneficios ecológicos que los límites abruptos, ya que respetan la continuidad entre dos parches.

Las formas de los parches determinan la proporción de hábitat presentes en el. Un parche más irregular puede proveer una alta proporción de hábitat en el borde, aumentando la biodiversidad en el borde, pero disminuye el número de especies en los hábitats interiores, además de poseer más interacción (positiva o negativa) con su entorno (matriz).

### II.1.1.3 CORREDORES

Son fajas (usualmente de vegetación) que conectan parches de la matriz (Forman y Godron, 1986). Estos pueden *fragmentar* el territorio, al separar parches que son mas o menos homogéneos (caminos, cercos, tendidos eléctricos), forman *barreras* entre áreas (pueden generar o limitar parches) y son usados para *generar* rutas o *conducir* movimientos. Los corredores en el paisaje pueden actuar como barreras o *filtros* del movimiento de especies. Los caminos, rieles, líneas eléctricas pueden actuar como canales o barreras. Los corredores de flujo o sistemas hídricos son significativos en el sistema paisaje, ya que mantienen la integridad ecológica respecto a las actividades humanas, y pueden ser usados como oportunidades para el diseño del paisaje y la planificación territorial (Dramstad et al, 1996). Pueden diferir en su origen, ancho, grado de conectividad, cantidad de curvilinealidad, flujo e interconectividad en una red. Los corredores se originan de la misma forma que los parches:

- **corredores de perturbación:** resultan desde perturbaciones humanas o naturales
- **corredores remanentes:** resultan de perturbaciones alrededor de la matriz
- **corredores de recursos medioambientales:** resultan de la heterogeneidad, distribuciones lineales de recursos ambientales a través del espacio
- **corredores plantados:** se forman por actividades antrópicas, como cortavientos, bordes de camino, etc.
- **corredores regenerados:** resultan de la regeneración de una faja en un área perturbada

Las actividades humanas en elementos paisajísticos adyacentes al corredor son de primaria importancia en la mantención de este. La mayoría de los corredores, exceptuando los de recursos ambientales necesitan de inputs energéticos particularmente de energías fósiles (Forman y Godron, 1986).

Los usos generalmente comunes para los corredores antrópicos son (Forman y Godron, 1986):

- **transporte:** carreteras, caminos y canales, que tienen beneficios económicos directos al transportar personas y bienes a través del paisaje. Los senderos proveen funciones de recreación. A través de cañerías y tendidos eléctricos la energía es transportada. La construcción, mantención y el uso de corredores incluye no solo la energía humana, sino que se incrementa el uso de energías fósiles.
- **protección:** por conversión de bosque a agricultura: muros, cortavientos (disminuir la desecación de cultivos, pérdida de suelos), protección de laderas y pérdida de nutrientes del suelo, limites de propiedad, etc.

- **recursos:** biodiversidad, leña (combustible), madera, frutos, etc.
- **estética:** impacto visual de actividades fuertes, belleza de por si.

La eficiencia de los claros en el corredor depende del tamaño del claro relativo a la escala del movimiento de especies y el contraste entre el corredor y el claro. Es preferible la similitud de la estructura de la vegetación y la composición florística entre corredores y parches extensos (Dramstad et al, 1996). La similitud solo en estructura es probablemente adecuada en muchos casos para el movimiento de especies del interior en parches grandes. La ecología del paisaje busca proveer la conectividad, especialmente en el movimiento de la fauna y el *stepping stones*, con el objeto de investigar los beneficios positivos netos de incorporar una alta calidad de conexiones entre los parches de hábitat (Dramstad et al, 1996). La conectividad de stepping stone se define como una mini red de parches pequeños que pueden servir como un corredor (Figura 2). Este es un intermedio de la conectividad entre un corredor y uno que no lo sea, y provee de movimiento de especies de interior entre parches. La distancia efectiva para el movimiento esta determinada por la habilidad de determinar los parches que componen el stepping stone. La perdida de un parche pequeño, que pertenece al stepping stone, normalmente inhibe el movimiento e incrementa el aislamiento de los parches. Un cluster o agrupamiento de parches, que posee un arreglo espacial óptimo entre parches extensos, provee rutas alternativas y mantienen la conexión lineal entre parches grandes.

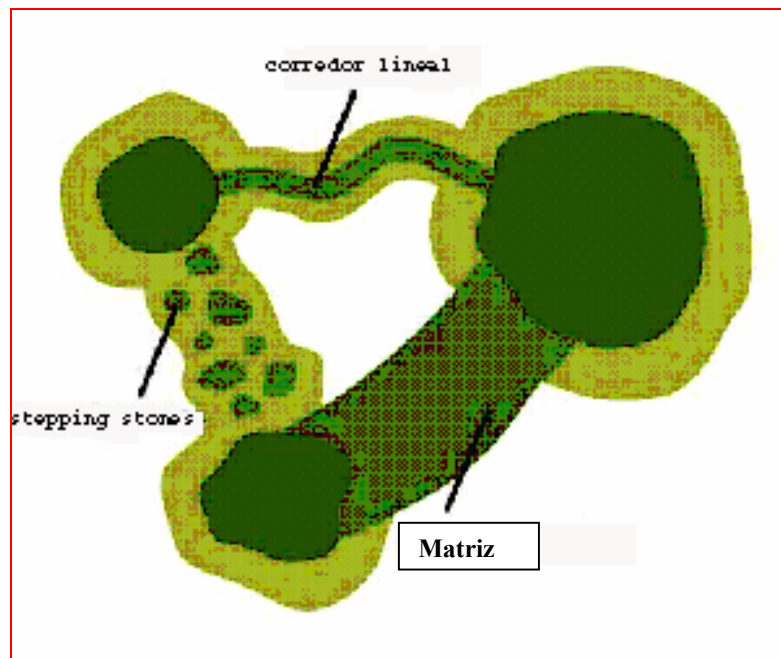


Figura 2 : Corredores, stepping stones y conectividad. (Bennet, 2003)

Los *corredores antrópicos* crean distintas funciones críticas, como el filtrar especies, hábitat para algunas especies y como fuente de efectos ambientales y biológicos en su

medio. Los caminos, líneas eléctricas, rieles de tren, etc., tienden a estar completamente conectados, son relativamente lineales, y permiten las perturbaciones humanas. Conducen especies tolerantes relacionadas a las perturbaciones y son fuente de erosión, sedimentación, especies exóticas y los efectos humanos en la matriz (Dramstad et al, 1996). Sirven como barreras que dividen las poblaciones de especies que pertenecen a las metapoblaciones.

Los corredores de flujo y cursos de agua transportan las sustancias disueltas como el nitrógeno, fósforo y tóxicos, recorren un corredor vegetal de flujo, están controlados principalmente por la entrada al caudal, reduciendo la calidad del agua por fricción, absorción radicular, arcillas y materia orgánica (Dramstad et al, 1996). La eficiencia de este proceso depende de la densidad natural de la vegetación; el ancho del corredor para mantener el flujo; la mantención de los hábitat de las tierras altas en ambos lados, para mantener un control suficiente de los inputs de sustancias solubles desde la matriz; la conducción para las especies de las tierras altas, ofreciendo hábitat para el desplazamiento migratorio de las especies del plano en dirección del flujo o hacia la dirección lateral.

Los corredores de flujo se comportan como una red de cursos de agua, que drenan hacia corredores de mayor orden (Figura 3). Estos se relacionan a las cuencas de captación de aguas, que se comportan en forma jerárquica como una macro red, compuesta de micro redes, limitadas por la línea divisoria de aguas (altas cumbres). Así un curso de orden primario es el que se ubica en las primeras captaciones de agua, que drena hacia un curso de segundo orden que capta varios cursos de primer orden, y esta a su vez drena a un curso de tercer orden.

El ancho del corredor de un curso de agua tiene las funciones de conducir especies interiores de las tierras altas y especies que migran por los canales laterales de migración y mantener el *patrón de escala* de parches extensos que cruzan el fondo del valle o plano, por lo que provee una esponja hidrológica (Figura 3), que atrapa los sedimentos de los flujos y materia orgánica para la cadena trófica acuática, hábitat para la fauna (truncos) y hábitat para especies raras del ecosistema del plano.

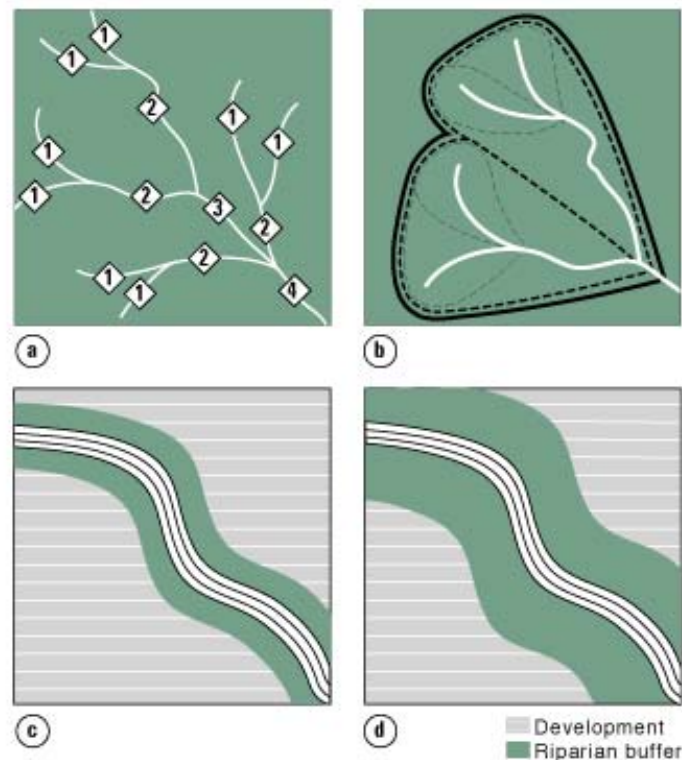


Figura3: Descripción de la unidad cuenca y sus cursos o corredores (a y b). Buffer o zona de amortiguamiento de un corredor de flujo. (Bennet, 2003)

### II.1.1.3.1 ESTRUCTURA DE CORREDORES

El *grado de curvilinealidad* tiene importancia ecológica, e implica los movimientos a través del corredor. Los quiebres son discontinuidades cortas o extensas de los movimientos a través y entre corredores (Forman y Godron, 1986). La distribución de quiebres y nodos en el corredor no es aleatoria, distintos patrones pueden ser reconocidos. El patrón dendrítico de corredores de flujo de erosión, puede ser usado en la planificación y manejo, ya que provee algunas fuentes de conexión de especies que facilitan la recolonización cuando las especies desaparecen desde los parches en el paisaje (Forman y Godron, 1986). Los quiebres también resultan de extensiones grandes desde actividades humanas. Los quiebres en la continuidad de la flora y fauna en los caminos son característicos, porque estos pasan a través de centros urbanos donde la vegetación de al lado del camino esta ausente o es diferente. Los quiebres son comunes donde un tipo de corredor cruza a otro tipo de corredor.

La *conectividad* es la medida de cuánto está conectado o de la continuidad espacial de un corredor, que puede ser cuantificado simplemente por el numero de quiebres (Forman y Godron, 1986). La presencia o ausencia de quiebres en un corredor es considerado el factor más importante en determinar la efectividad en conducir y bloquear funciones. La conectividad de un corredor de flujo depende del ancho y largo

de un corredor vegetal de flujo que determinan los procesos del flujo, un corredor de flujo continuo, sin claros significativos (gap) que es esencial para mantener las condiciones acuáticas como el agua fresca y una cantidad alta de oxígeno.

### II.1.1.3.2 TIPOS DE CORREDORES

Estos tipos son independientes del origen, uso humano y tipo de paisaje (Forman y Godron, 1986) por lo que la riqueza y funcionalidad de los distintos corredores provienen desde estas estructuras. Los *corredores lineales* (Figura 4) se caracterizan por ser estructuras antrópicas como caminos, senderos, cortavientos, cercos, drenaje, riego, tendidos eléctricos. El ambiente de los corredores lineales y las especies es afectado por condiciones en la matriz adyacente, el viento, las actividades humanas, especies y el suelo presente (Forman y Godron, 1986). Las perturbaciones resultan de la frecuencia de uso del corredor por personas que transportan bienes. Los *corredores de faja* son parches de vegetación, con un ambiente interior que contiene abundancia de organismos (Forman y Godron, 1986). Estos generan un efecto borde en cada lado, lo que es suficiente para contener un ambiente interior y se diferencian de los corredores lineales en que poseen un ambiente interno en el corredor.

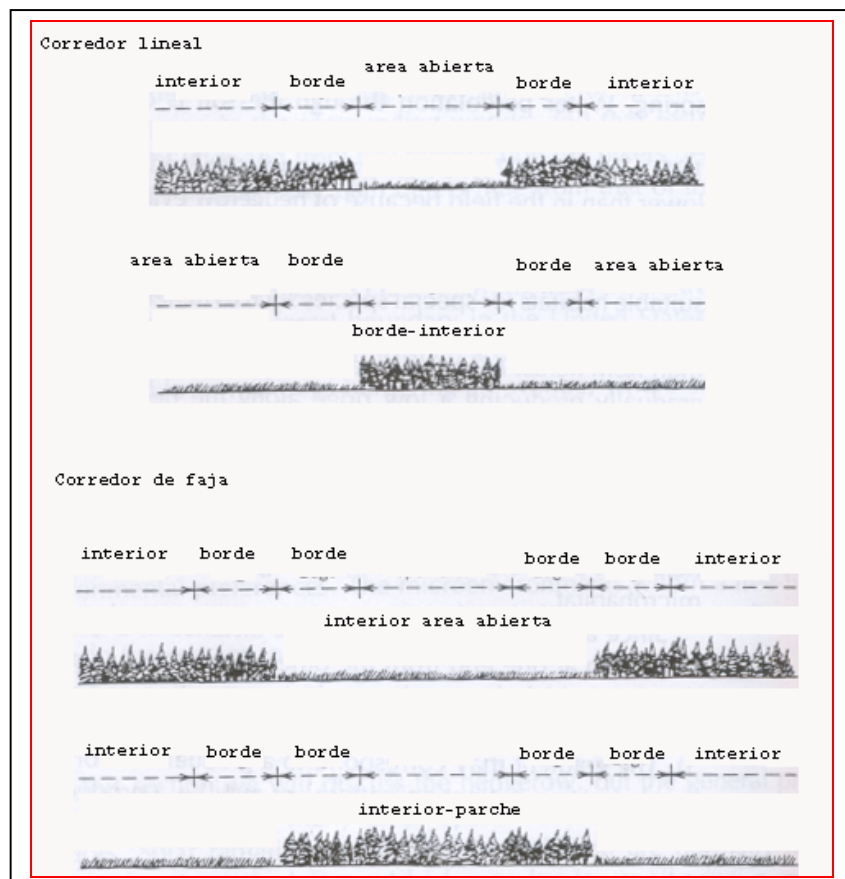


Figura 4: corredores lineales vs corredores de faja (Forman y Godron, 1986)

Los *corredores de flujo* (Figura 5 y 6) se caracterizan por ser quebradas y cuencas o cursos de agua y varían en ancho de acuerdo al tamaño del flujo siendo la banda de vegetación a lo largo de un flujo que difiere de la matriz que lo rodea (Forman y Godron, 1986). Controlan la pérdida de nutrientes y suelo, reducen el flujo, erosión y la pérdida de fertilidad. Tienen la función de controlar el flujo de agua y de nutrientes en una unidad territorial como la cuenca.

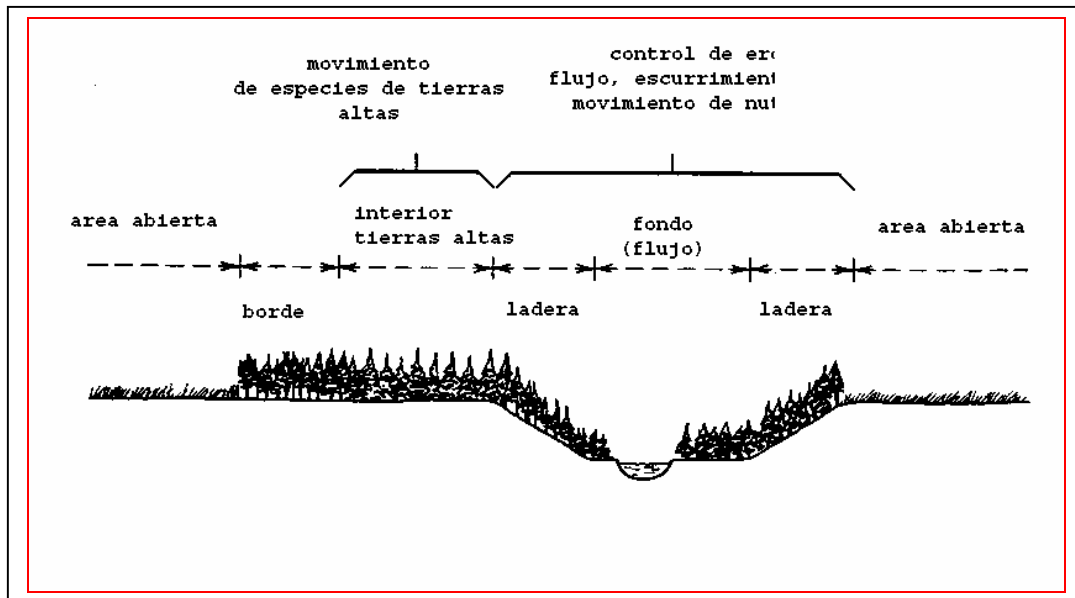


Figura 5: estructura y función de corredores de flujo (Forman y Godron, 1986)

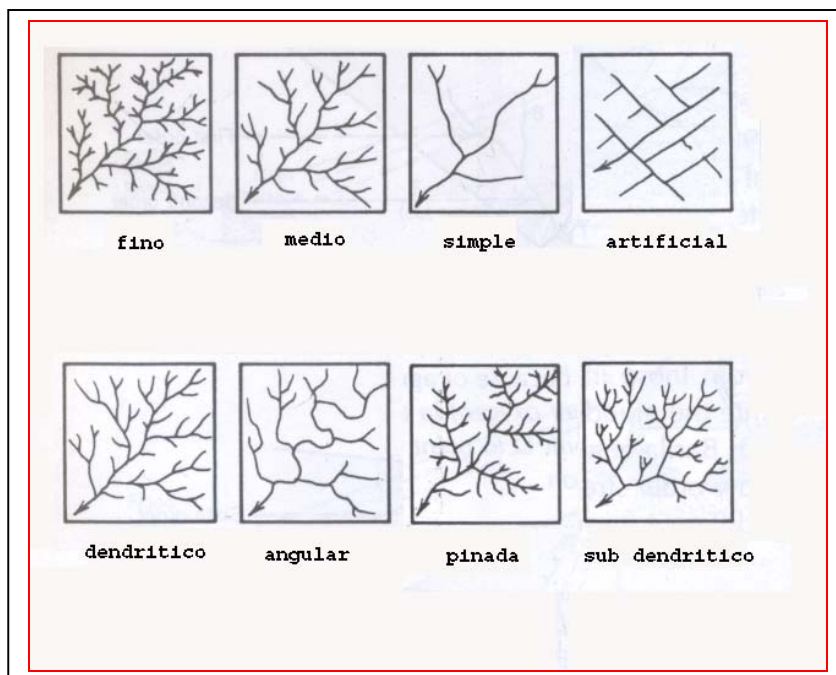


Figura 6: tipos de corredores de flujo y patrones espaciales (Forman y Godron, 1986)

#### II.1.1.4 MATRIZ Y REDES

La matriz es el elemento del paisaje más extenso y más conectado, y juega un papel dominante en la funcionalidad del paisaje (flujos de energía, materia y especies) (Forman y Godron, 1986). Al observar el paisaje es a menudo complejo estimar la función de cada elemento. Los parches están encajados en una **matriz**, un área que abarca diferentes especies de estructura o composición (Forman y Godron, 1986). Un indicador de la salud ecosistémica es la conectividad total de los sistemas naturales presentes. Los corredores frecuentemente ofrecen interconexión con otras formas de la red, envolviendo los otros elementos del paisaje presentes. Las redes muestran conectividad, circuito y tamaño de la red y enfatizan la funcionalidad del paisaje y pueden ser usados por planificadores y arquitectos del paisaje para facilitar o inhibir flujos y movimientos a través del paisaje (Dramstad et al, 1996). Los elementos que constituyen un paisaje pueden ser agrupados en una jerarquía ya que el paisaje posee propiedades que sus componentes no poseen (emergentes), por lo que no se puede describir el paisaje solo por la suma de sus partes (Forman y Godron, 1986). En un extremo se encuentran paisajes que tienen una matriz grande homogénea que contiene distintos parches dispersos, en el otro extremo, un paisaje compuesto de parches pequeños que difieren de otros como partes de un mosaico. Los paisajes se encuentran entre estos dos límites y contienen alta diversidad de proporciones y configuración espacial de parches, corredores y matriz.

La integridad de la estructura y funcionalidad del paisaje puede ser entendida y evaluada en términos de patrones y escala (Dramstad et al, 1996). Un *patrón* del paisaje común es la fragmentación, la cual está frecuentemente relacionada con la

perdida y aislamiento de hábitat. Alternativamente la fragmentación es considerada como uno de los distintos procesos de transformación del territorio. Esta también resulta de las perturbaciones naturales, como incendios e invasión de herbívoros. La *escala* espacial en la cual la fragmentación ocurre es importante cuando se identifican estrategias para mantener hábitats continuos y el aislamiento (Dramstad et al, 1996). Los hábitats fragmentados en una escala fina pueden ser percibidos como un hábitat intacto en una escala mayor. Solo por el reconocimiento y la localización de los cambios a través de distintas escalas pueden maximizar la protección de biodiversidad y procesos naturales en el diseño.

Las redes se manifiestan cuando el acoplamiento de los elementos del paisaje es alto, o la porosidad del paisaje es alta. La matriz aparece interconectada (Figura 7), y puede comportarse como una red-corredor. Una importante característica de las redes es el tipo de conexión que posee cuando las líneas se interceptan o terminan. Otra importante característica es la presencia en longitud, de quiebres en las líneas. Algunas intersecciones pueden servir como mini nodos, puntos que son pequeños para ser reconocidos como elementos separados del paisaje y si las intersecciones en la red sirven como mini nodos para especies en el interior, se pueden esperar distintos patrones de distribución de especies en el interior y en el límite, en función de su distancia desde la intersección. Las redes dependen de dos factores que son la conectividad y los circuitos (Dramstad et al, 1996). La *conectividad* es el grado el cual todos los nodos están relacionados por los corredores. El *circuito* es el grado el cual rutas alternativas o loops están presentes. La combinación de estos indica como una red simple o compleja existe y provee un índice integral de la eficiencia de las conexiones para el movimiento de especies. Los loops o rutas alternativas reducen los efectos negativos de los claros, perturbaciones de depredadores y plagas dentro del corredor, incrementando la eficiencia del movimiento. Las especies en un parche pequeño conectado a una red permiten disminuir la tasa de extinción. La dispersión y parches pequeños conectados existentes en una red son efectivos en proveer hábitat en los cuales la fauna descansa y/o se alimenta, promueve una alta tasa de dispersión individual y más dispersión en la red.

La **porosidad** de la matriz mide la densidad de parches en el paisaje, cuantificando el número de parches presentes, esto es, el número de parches o polígonos cerrados (Forman y Godron, 1986). La porosidad es la medida de densidad de parches, dependiendo del tamaño que se considere esta unidad. Al existir una distribución espacial de estas unidades, aparece el concepto de *patrón de porosidad* (Figura 8) que se estudia a partir de imágenes aéreas, como aerofotografías o imágenes satelitales.

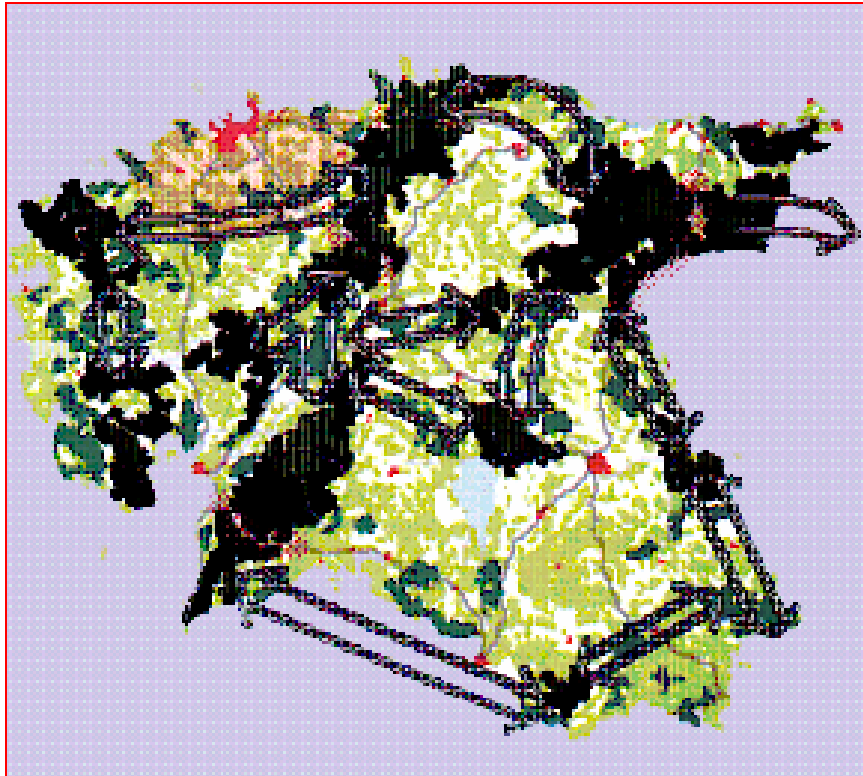


Figura 7: matriz interconectada por corredores funcionando en red (Bennet, 2003)

A partir de esto es factible determinar el tamaño de los parches, las formas, la distancia entre estos y el tipo de parche y su correspondiente cobertura. Por medio de herramientas geoestadísticas, es posible analizar distintos patrones espaciales y relacionarlos con las condiciones de sitio (topografía, suelo, geología y tipo vegetacional) (Forman y Godron, 1986). Estos patrones son comparados con el modelo teórico que asume parches circulares (radiales) de densidad variable y la cobertura total. La matriz ejerce un grado de control sobre la dinámica del paisaje más que otro elemento del paisaje. La conectividad es la propiedad que posee una matriz para formar una red que involucra los parches (los une o conecta), un alto nivel de conectividad en los elementos del paisaje tiene distintas consecuencias (Forman y Godron, 1986):

- los elementos pueden funcionar como *barreras físicas* que separan de otros elementos. Un cortaviento o cortafuego puede ser una efectiva barrera física, química y biológica entre dos elementos del paisaje
- cuando la conectividad toma la forma de intersección de delgadas fajas, los elementos pueden funcionar como una serie de *corredores* que facilitan la migración y el intercambio de genes entre especies
- los elementos pueden encerrar otros elementos del paisaje creando *islas biológicas*
- cuando un elemento del paisaje esta completamente conectado y encierra a los otros, puede ser considerado como la *matriz*
- la *matriz* usualmente no esta completamente conectada pero esta dividida en distintos fragmentos.

Los patchiness (o patrones espaciales) cuantifican la densidad de parches de todo tipo (Forman y Godron, 1986), ya que miden la porosidad o densidad de parches de un tipo en particular. Los parches, corredores y la matriz pueden ser combinados de muchas maneras y están relacionados a las actividades humanas (Forman y Godron, 1986). Uno de los primeros resultados de actividades culturales, como por ejemplo, la agricultura, silvicultura y la suburbanización, es que aumentan los contrastes en los paisajes. Esto se relaciona con los contrastes fuertes entre elementos adyacentes en donde existe mucha diferencia entre estos. Teóricamente las configuraciones de los elementos en el paisaje están tipificadas, existiendo una serie de configuraciones posibles (Forman y Godron, 1986):

- **regular:** la distancia entre los elementos del paisaje de un tipo en particular es relativamente uniforme
- **agregada:** cuando una serie de elementos del paisaje están agrupadas en una vecindad general
- **lineales:** elementos dispersos a lo largo de un corredor
- **aleatoria:** al no tener patrones regulares de dispersión

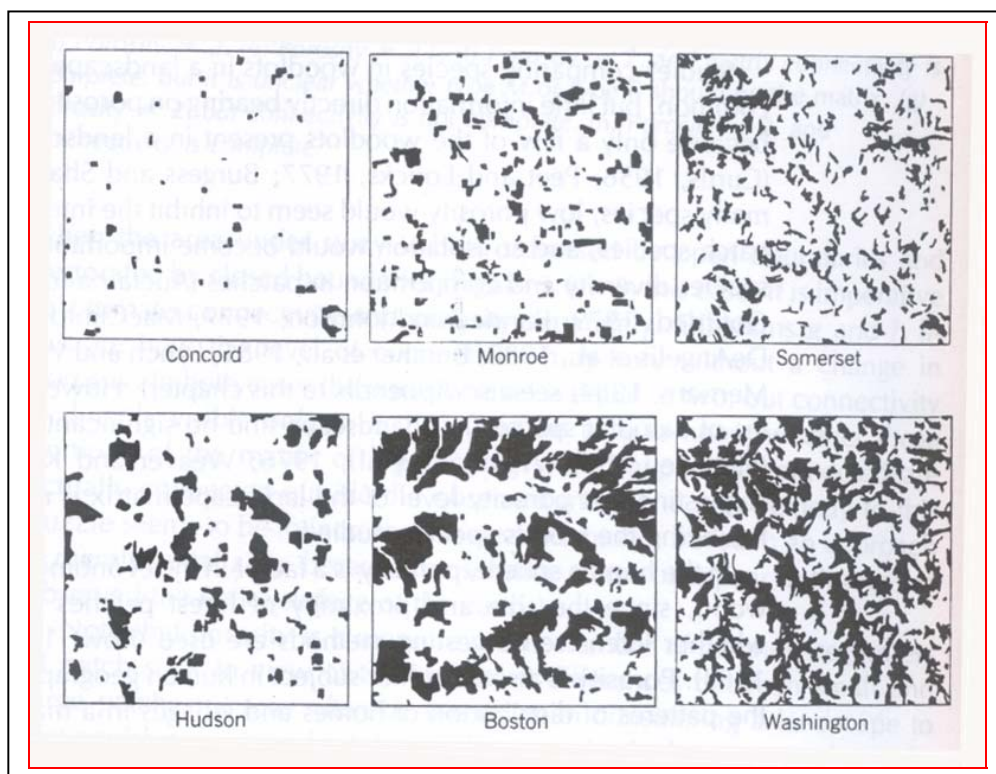


Figura 8: distintos patrones de parches (Forman y Godron, 1986)

Cuando los elementos del paisaje siguen un patrón repetitivo (geomorfológico) puede ser interpretado como una matriz simple, pero se debe reconocer la heterogeneidad de la matriz, ya que la apreciación es escala dependiente. Existe una importancia de la

escala al tratar de entender la estructura del paisaje, y esto puede ser observado al tratar de controlar los factores que producen los elementos del paisaje que pueden operar en diferentes niveles de escala (derrumbes y claros en el bosque, que pueden restringir o afectar factores de escala como exposición, altitud y patrones de cosecha). Al determinar la estructura espacial o topológica que condiciona la locación, orientación y distancia de ecosistemas, el estudio de la estructura espacial de paisajes puede combinarse con el estudio de la distribución de organismos.

## **II.1.2 FUNCION**

Los corredores de flujo, que es la red de la cuenca hidrológica en general, son efectivos en controlar los flujos de agua y nutrientes minerales desde tierras altas cuando cubren planicies inundadas y orillas (Forman y Godron, 1986). Las redes constituyen vías alternativas para el movimiento de especies, al tener diferentes tipos de intersección, limitan los elementos del paisaje y exhiben variados tamaños de redes.

Las plantas y animales son los primeros flujos a través de los corredores (otros están relacionados a los flujos o transportes humanos). Cuando los corredores están presentes, las perturbaciones como el fuego o plagas que se mueven a lo largo del corredor pueden aumentar su tasa de flujo. También pueden cumplir funciones de cuello de botella, donde el manejo puede efectivamente controlar la dispersión de las perturbaciones. Las redes están dispersadas, traslapadas y son de muchos tipos, ya que los flujos de energía, materia y especies estudiadas en la ecología del paisaje tienen directas analogías con los principios de la geografía del transporte (Forman y Godron, 1986). Los nodos de una red tienen dos funciones en el flujo: intersección de áreas de corredor y fuente o sumidero de los flujos. En el análisis de redes se puede ver el camino más corto entre dos puntos, el mejor lugar para crear una conexión o conectar, si está desconectado, pudiendo causar grandes cambios en el sistema. El manejo de paisajes está relacionado con la optimización de los flujos ecológicos y los flujos humanos (Forman y Godron, 1986). La conectividad del paisaje es el grado en el cual los diferentes elementos responden integralmente en forma armónica en el funcionamiento holístico del paisaje, a través de vectores de flujo (aspecto de la ladera o hidrografía del sector) como parte de una red de circuitos integrados por corredores, nodos y otras estructuras (Figura 9). Un corredor es una ruta que usualmente conecta nodos y una red es una serie de nodos interconectados (Forman y Godron, 1986). La configuración del transporte de la red generalmente refleja esfuerzos para minimizar el tiempo-distancia a lo largo de corredores entre nodos. Los loops o rutas alternativas incrementan la eficiencia de movimientos canalizando flujos alrededor de las secciones del paisaje, disminuyendo el uso de otras secciones para el movimiento.

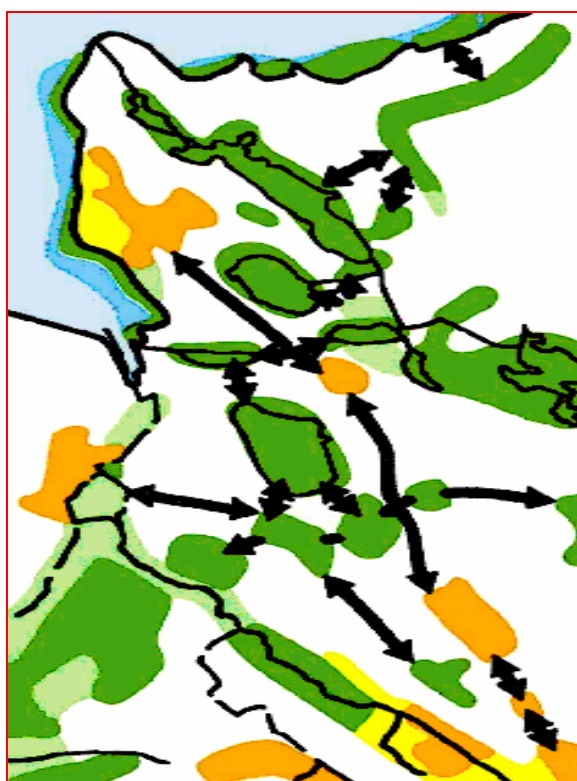


Figura 9: funcionamiento de parches y corredores en una matriz con conectividad (Bennet, 2003)

### II.1.3 DINAMICA

La estabilidad del paisaje y los cambios están afectados por muchos factores que operan en distintas escalas espaciales y temporales, vistos como sucesión ecológica (Bücher, 2002). Los procesos sucesionales usualmente operan sobre décadas o siglos, los procesos geomórficos toman miles o mas años y los procesos que afectan organismos envuelven sobre millones de años. Por lo que es posible entender que parámetros determinan que un paisaje varíe en el tiempo, para evaluar y comparar escalas. El parche es el elemento que define el tipo de cambio, ya que puede crecer, disminuir o desaparecer, fluctuar de tamaño cíclicamente y moverse. Para entender el cambio del paisaje en el tiempo se analizan términos como sucesión ecológica, degradación y fragmentación del paisaje. La cobertura vegetal se define como la variable principal para determinar la evolución del paisaje. Geográficamente el paisaje juega una rol central y puede ser considerado como la unidad fundamental (Forman y Godron, 1986). Es el resultado de la interrelación dinámica entre formas naturales o fisiográficas y grupos culturales humanos.

Los impactos realizados sobre los paisajes por actividades antrópicas, conllevan a una perturbación prolongada y continua, que termina con un deterioro, degradación y fragmentación del sistema paisaje, produciendo una modificación global, a pesar de que las perturbaciones se hayan producido en momentos anteriores. La degradación es el empobrecimiento cualitativo y cuantitativo de cualquier conjunto biológico o del suelo (Bücher, 2002). El considerar degradado aquel espacio que se encuentre en un estado

insatisfactorio, desde el punto de vista de la ecología, el paisaje o el uso del suelo, puede ser por la ausencia de vegetación, presencia de alteración negativa del suelo, presencia de contaminadores de diverso tipo (visual, superposición y desorden del uso del suelo).

La *degradación natural* se refiere a los procesos complejos que han ocurrido durante millones de años y continúan ocurriendo como avalanchas, inundaciones, incendios, glaciaciones, cambios tectónicos, volcanismo, etc. que son procesos o fenómenos que han supuesto la destrucción parcial o total de paisajes preexistentes, siendo los responsables de nuestro paisaje actual (Cáncer, 1999). La *degradación antrópica* cobra un mayor énfasis porque es el mismo cambio sobre el que se puede actuar para minimizar el efecto deteriorante. Esta es la responsable fundamental de las pérdidas de calidad y diversidad en amplios territorios (degradando un recurso natural y cultural de primera importancia como es el paisaje) (Cáncer, 1999)

Todos los paisajes están sujetos a las fluctuaciones climáticas y algunos parámetros caracterizan la oscilación del paisaje en el corto plazo (estaciones) (Forman y Godron, 1986). Todos los paisajes tienen una tendencia en el largo plazo (aumento de biomasa en las distintas sucesiones), o un incremento en contraste entre los elementos del paisaje y las actividades del hombre. La *metaestabilidad* es la estabilidad de los sistemas biológicos que están en un equilibrio (oscilando alrededor de un estado central) y puede también escapar a estados de equilibrio diferentes, por lo tanto, se trata de un equilibrio metaestable (Forman y Godron, 1986).

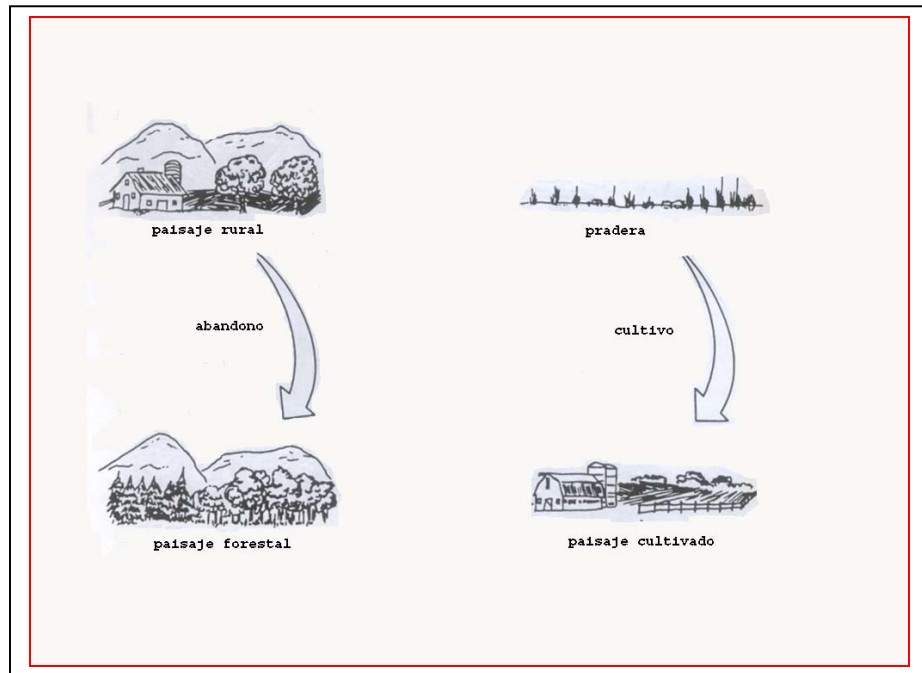
La inestabilidad caracteriza al paisaje si pequeños cambios ambientales son suficientes para apartar al sistema fuera del régimen de oscilaciones alrededor de una posición central (Forman y Godron, 1986). Una nueva trayectoria lleva al sistema a una posición central distinta, por lo que el sistema es inestable cuando el régimen de fluctuaciones (combinado con la tendencia general, amplitud y periodicidad) está cambiando o es impredecible. El nuevo equilibrio de metaestabilidad ocurre cuando el sistema cambia hacia regímenes de oscilaciones predecibles después de la perturbación. En cambio la inestabilidad temporal o persistente es cuando no aparece un nuevo régimen predecible (estadísticamente) de fluctuaciones. Estas pueden ser (Forman y Godron, 1986):

- **temporal:** sustitución del equilibrio de un bosque clímax por cultivos
- **persistente:** después de la siembra en praderas áridas. Es una medida de estabilidad, referida al periodo de tiempo que duran las características del paisaje continuas
- **resistencia:** es la estabilidad del sistema de responder a perturbaciones. También es la habilidad del sistema cuando está sujeto a un cambio ambiental o de perturbación potencial de resistir la variación
- **recuperación:** o resiliencia, es la habilidad de un sistema a volver al equilibrio inicial. También se define como el tiempo requerido para volver a la trayectoria inicial

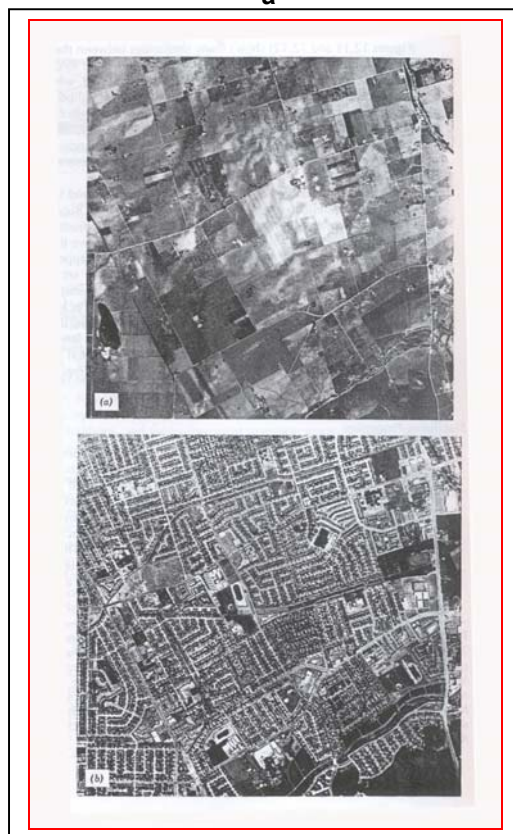
El mosaico del paisaje está compuesto de elementos en diferentes estados de estabilidad e inestabilidad (Forman y Godron, 1986). Se enfatiza la importancia de la

sucesión ecológica que describe el cambio de algunos sistemas ecológicos, ya que los sistemas tienden progresivamente a estabilizarse y pueden llegar a una nueva sucesión después del disturbio (Figura 10). En la ecología del paisaje se busca la secuencia de cada elemento individual y también como se integran todos los cambios (Forman y Godron, 1986). Al considerar dos imágenes de un mismo paisaje en distintas épocas, los elementos del paisaje se mantienen o son reemplazados por otro tipo de elementos en el intervalo entre los mapeos (Forman y Godron, 1986). Los parches están en diferentes estados de la sucesión ecológica, por lo que la presencia de perturbaciones y de progresivas transformaciones en los parches se expresa en imágenes distintas del mosaico. El ecosistema se puede entender como una unidad que puede estar en un *steady state* (estabilidad), perdiendo biomasa (degradándose) o acumulando biomasa.

El sistema del paisaje esta abierto a la inmigración, emigración de especies, a los *inputs* y *outputs* de nutrientes minerales y a los flujos de agua (Forman y Godron, 1986). La cantidad de elementos que fluyen a través del sistema ecológico frecuentemente exceden la cantidad presente en el sistema. Estos flujos a través del paisaje abierto, permiten la resistencia y los procesos de recuperación, dependiendo de la natalidad, crecimiento y mortalidad de plantas y animales.



a



b

Figura 10: (a) cambios de paisajes en forma radical en el tiempo. (b) dinámicas de distintos paisajes en función de la planificación y manejo relacionado al cambio espacial y temporal. (Forman y Godron, 1986)

## II.2 CUANTIFICACIÓN DE PATRONES ESPACIALES

La cuantificación del paisaje (en inglés *landscape metrics*) se define como la caracterización geométrica y sus propiedades espaciales en el contexto de un mosaico de parches (Fortin, 1999). Describen el grado de autocorrelación espacial, que es la dependencia espacial de los valores de una variable. La estructura espacial de los datos puede ser usada para agrupar muestras en un cluster (agregación) espacialmente homogéneo (parche). Este parche implica la delineación de un área que muestra una característica distintiva que permite diferenciarlo del entorno.

La extensión disponible para el software ARC-VIEW que facilita el análisis espacial de la estructura del paisaje y modela los atributos asociados con los parches se conoce como Patch Analyst 3.0. Fue desarrollado por Rob Rempel, Angus Carr, Phil Elkie, Rob Kushneriuk y Julie Elliott bajo el programa Sustainable Forest Management Network (NCE) y Centre for Northern Forest Ecosystem Research (OMNR). El programa incluye la capacidad de caracterizar los patrones del paisaje. Incluye funciones para calcular la densidad de parches, tamaño, forma, bordes y diversidad. Se fundamenta en el análisis de patrones espaciales derivados del software FRAGSTATS desarrollado por Mc Garigal y Marks (1994) para cuantificar la estructura y la distribución de parches en el paisaje. Este software no realiza un muestreo, ya que los parches (clases) en el paisaje están incluidos en el cálculo estadístico poblacional, censando las clases (tipologías de parches) que componen la unidad.

El paisaje se entiende como un mosaico de elementos que lo constituyen (parches). El parche depende de la perspectiva que se le analice y bajo una mirada antrópica, se pueden considerar parches a unidades homogéneas que difieren de su entorno como áreas agrícolas, plantaciones forestales, zonas urbanas, etc. Bajo una mirada ecológica, el parche corresponde a un área discreta (dominio espacial) o un periodo discreto (dominio temporal) de condiciones ambientales homogéneas, donde el límite del parche (borde) es distinguible por discontinuidades del entorno. El parche cambia en el tiempo y espacio, formando un patrón o arreglo espacial de la estructura. Los bordes son arbitrarios y dependen de la escala, ya que siempre existe información, que en otra escala se percibe como discreto. La matriz corresponde al parche más extenso y conectado, y juega un rol dominante en la funcionalidad del paisaje.

El desarrollo del campo de la ecología del paisaje provee una base teórica para entender la estructura, función y cambio ecosistemas extensos. Existe una justificación empírica de la necesidad de manejar paisajes y no solo sus componentes, cambiando la escala de análisis territorial a extensiones como de una cuenca (Mc Garigal y Marks, 1995), con la ayuda de los SIG, que se desempeñan como herramientas analíticas disponibles para analizar y manejar el territorio a cualquier escala espacial y temporal. La ecología del paisaje reconoce los procesos ecológicos que afectan la interacción entre ecosistemas. Además de caracterizar al paisaje, facilita el estudio de patrones, interacciones entre componentes dentro de un mosaico, y determina como esos patrones cambian en el tiempo. Incorpora la heterogeneidad espacial producto de la acción modeladora del hombre y su cultura, y sus efectos en los procesos ecológicos y

el manejo de ésta diversidad territorial. Por esto el uso de SIG facilita la cuantificación de la estructura del paisaje en función de métodos analíticos en un ambiente digital capaces de generar modelos de simulación espacial.

La escala define los límites de la investigación y se relacionan a el área mas extensa (límite superior) y la unidad mínima (límite inferior). La inferencia sobre escalas fuera de los límites de la investigación tiene poca validez, ya que no es posible extrapolar a la población que abarca escalas mayores que el límite superior y menores que el límite inferior, por lo que no es factible (estadísticamente) detectar patrones mas allá de los límites fijados *a priori*. La información puede estar disponible en distintas escalas y puede ser necesario extrapolar información desde una escala a otra, por lo que es necesario integrar datos representados en distintas escalas espaciales. No esta claro si los patrones del paisaje difieren en respuesta a cambios en escalas y si las medidas del paisaje son sensibles a estos cambios (Mc Garigal y Marks, 1995). Por lo tanto, el cambio de escala no admite comparaciones cuantitativas, ya que los cambios en las mediciones a través de distintas escalas espaciales pueden diferir dependiendo en como se definen los límites del estudio definidos *a priori*. Las medidas del paisaje cuantifican la estructura solo dentro de los límites diseñados en el paisaje.

Los paisajes no están aislados del contexto territorial en el que se encuentran ubicados espacialmente, definiendo los límites del paisaje. Las perspectivas geomorfológicas o hidrológicas pueden considerar al paisaje como un sistema relativamente cerrado, pero siempre existe influencia sobre los sistemas externos incidentes.

## II.2.1 CARACTERIZACIÓN DE PARCHES Y CORREDORES

Las *medidas de área* son estadísticas que representan el área del parche, clases y paisaje, que caracterizan en términos de superficie (ha) al paisaje en estudio.

- Las **áreas por clase (CA)** es una medida de composición del paisaje, y se considera como la sumatoria de todos los parches en función de las clases (ha). Puede ser utilizado como una medida de fragmentación o de abundancia de un hábitat en particular.
- El **área total del paisaje (TLA)** define la extensión de este, correspondiendo al límite superior del estudio (ha).

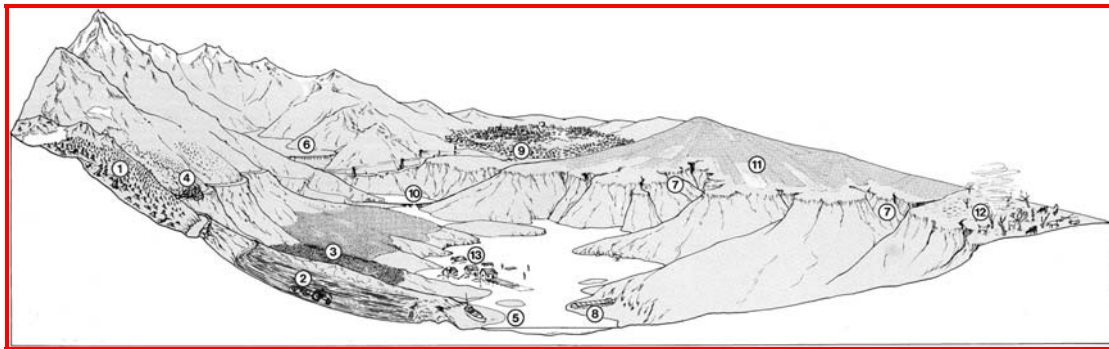
Las *medidas de densidad de parches, tamaño y variabilidad* representan la configuración del paisaje en términos no espaciales, y describen la densidad de clases de parches, el promedio de tamaño y la variabilidad de estos.

- El **número de parches (NumP)** cuantifica el número de parches en el paisaje por clase. Se relaciona con la presencia de hábitat, propagación de perturbaciones, fragmentación, y es interpretado como un índice de heterogeneidad espacial.

- La **densidad de parches (PD)** facilita la comparación de paisajes con superficies distintas, actuando como un índice de fragmentación y de heterogeneidad espacial (NumP/TLA; cantidad/ha)
- El **promedio de tamaño de parches MPS (ha)** se utiliza para la comparación de paisajes de distintas superficies. Mide la fragmentación territorial y esta en función del número de parches por clase y el área total de la clase.
- La **mediana MedPS (ha)** mide la mitad de tamaño de parche (percentil 50th) por clase.
- La **desviación estándar PSSD (ha)** es la medida de variación absoluta de los tamaños por clase. Esta en función de MPS y el cambio de variación entre parches de una misma clase. No sirve para comparar paisajes de distintas superficies
- El **coeficiente de variación PSCoV** mide la variabilidad relativa sobre la media (MPS), necesitando para la conclusión de resultados del número de parches (NumP) y la densidad de parches (PD)
- Estas medidas de variabilidad asumen una distribución normal, por lo que en paisajes reales la distribución de parches puede ser altamente irregular

## II.2 DISEÑO DEL TERRITORIO: APLICACIONES GENERALES

La escala de paisaje permite trabajar con patrones a escalas espaciales mayores, entendiendo como funcionan y diseñando en armonía con la estructura del ecosistema natural. El objetivo es diseñar a escala de paisaje los elementos que se deseen ubicar espacialmente, teniendo en cuenta la meta de maximizar la integridad ecológica y minimizar la degradación territorial, cuidando de reducir la fragmentación y degradación del paisaje. En la figura 11 se muestra el diseño de un paisaje degradado hacia un paisaje restaurado.



A. 1. Tierra deforestada. 2. Tierras escarpadas cultivadas. 3. Monocultivos extensivos. 4. Bloqueo de caminos por deslizamientos. 5. Reducción de la captura de peces en aguas superficiales. 6. Embanque, reduce la vida útil de la represa hidrolítica. 7. Erosión de cárcavas, consume las tierras de labor. 8. Bancos de sedimentos, reducen navegabilidad de ríos. 9. Crecimiento de barrios marginales como consecuencia de la emigración rural. 10. Puente destruido por aluviones e inundaciones. 11. Crecimiento de cultivos en grandes campos protegidos. 12. Degradación de praderas por erosión eólica. 13. Villorrios, frecuentemente inundados son abandonados.



B. 1. Tierra reforestada. 2. Erosión de cárcavas controlada por pretilos y plantación frutal en los costados. 3. Terracedo de tierras escarpadas. 4. Cultivos en contorno a las tierras de piedemonte. 5. Curva de nivel para controlar escorrentía. 6. Reducción de inundaciones al reducir erosión. 7. Construcción de nuevos reservorios para generar electricidad. 8. Mejoramiento de navegación fluvial, incremento de captura pesquera. 9. Servicios urbanos mejoran al cesar migración. 10. Cortinas cortaviento reducen erosión eólica, las praderas se regeneran o mejoran. 11. Ausencia de deslizamientos de tierra e inundaciones mejoran la comunicación vial. 12. Servicios rurales mejoran al expandirse los villorrios. 13. Rotación de cultivos en faja de contorno. 14. Cultivos

forestales en albardones de terrazas. 15. Laderas forestadas previenen embancamiento de reservorios. Esquema del cambio de uso del territorio desde uno tradicional al del uso múltiple

Figura 11: cambio de paisaje según diseño territorial sustentable(FAO, 1984)

Lo natural se relaciona con los patrones biológicos y procesos físicos relacionados a la vegetación, población animal, riqueza de especies, viento, agua, humedales y comunidades acuáticas. La cultura integra las dimensiones humanas de la economía, estética, patrones sociales, recreación, transporte y manejo de desechos. De acuerdo con Gastó *et al.* (1984), el proceso de diseño procura crear modelos con el objetivo de optimizar un fenómeno, siendo una alternativa satisfactoria aquella que:

- Posibilite la sustentabilidad ecológica y económica del sistema
- Permita el logro de una adecuada calidad de vida para el ser humano individual, siendo, a la vez, socialmente aceptable
- Exprese una concordancia estético-visual con la identidad del paisaje

## II.2.1 PLANIFICACIÓN ECOLÓGICA DEL PAISAJE

La definición del área de estudio es el primer paso en la elaboración de una planificación ecológica. En la experiencia alemana se toma como base para esta definición la división política administrativa, que considera como niveles el estado federado: la región, la comuna, el área de vigencia del Plan Regulador de la Construcción. Adicionalmente, y con el fin de abordar adecuadamente la dinámica de los procesos ecológicos y territoriales presentes en las zonas de borde, se recomienda incorporar en las etapas de inventario y evaluación territorial una franja (variable en su anchura) del territorio directamente aledaño. Dependiendo de la escala de trabajo, la superficie de la unidad política administrativa y de los conflictos existentes/previsibles se sugieren los siguientes anchos (OTAS, 2002):

Posibles niveles de planificación	Escalas propuestas	Ancho de la franja aledaña
Región	1:100.000 - 1: 500.000	2 - 10 km
Provincia - Intercomuna	1:50.000 - 1: 100.000	0,5 - 2 km
Comuna	1:10.000 - 1: 50.000	200 - 500 m
Localidad / Sector	1:500 - 1: 5000	10 - 50 m

En este contexto cabe destacar la última modificación a la Ley Orgánica de Municipalidades de 1999 que incorpora todo el territorio comunal a los futuros Planes Reguladores Comunales (OTAS, 2002). También es oportuno indicar que existen diferentes iniciativas para crear una normativa en torno al ordenamiento territorial con la perspectiva de abordar los espacios rurales en los instrumentos de planificación territorial, sea esto a través de una modificación a la Ley General de Urbanismo y Construcciones, o a través de una ley completamente nueva para el ordenamiento territorial.

La creación de una carta base única establece los alcances que posee la planificación territorial en una localidad, comuna o provincia. La herramienta fundamental requerida para la preparación de la cartografía de las variables físicas del territorio son las cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM) en escala 1:70.000 que permite desarrollar la matriz de fondo georreferenciada del territorio. También debe destacarse las ortofotos del IGM en escala 1:70.000 y las imágenes satelitales. Las fotografías aéreas y el trabajo de terreno permiten complementar esta labor (1:20.000). Para ello OTAS (2002) recomienda utilizar la cartografía topográfica oficial del país a escala 1: 50.000 y 1: 250.000 del IGM. Al utilizar la cartografía oficial hay que considerar tres aspectos:

- Puede contener imperfecciones técnicas, las que normalmente no son de mayor trascendencia para la planificación ecológica, debido a que no es de carácter regulador, ni se entiende como un catastro de información ambiental.
- Debe ser complementada con información actualizada respecto a elementos estructurales (relevantes a nivel regional) construidos con posterioridad a la última edición de la cartografía oficial, por ejemplo, nuevas carreteras o expansiones urbanas recientes.
- Tiene que ser traspasada a una escala adecuada al respectivo nivel de planificación. Este traspaso debe, en lo posible, realizarse desde una escala de mayor detalle a una escala más general, eliminando la información que no sea relevante en ésta última.

Según OTAS (2002) los contenidos de la carta base están orientados a otorgar la estructuración territorial básica, que permita la localización de la información temática de las diferentes etapas, esto es:

Temas	Información a incluir
Límites	Área de estudio y político-administrativos
Relieve	Curvas de nivel cada 100 m, cota de elevación
Hidrografía	Ríos, esteros, lagos, lagunas, glaciares, canales intercomunales
Asentamientos	Ciudades, pueblos, aldeas, villorrios
Transporte	Autopistas, carreteras y caminos intercomunales, tren, aeropuertos
Infraestructura técnica	Vertederos y rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de agua, embalses, centrales eléctricas
Toponimia	En lo posible completa

La escala de trabajo utilizada para describir las estructuras internas de la comuna, Hoya hidrográfica y cuencas constitutivas, está determinada por los siguientes factores:

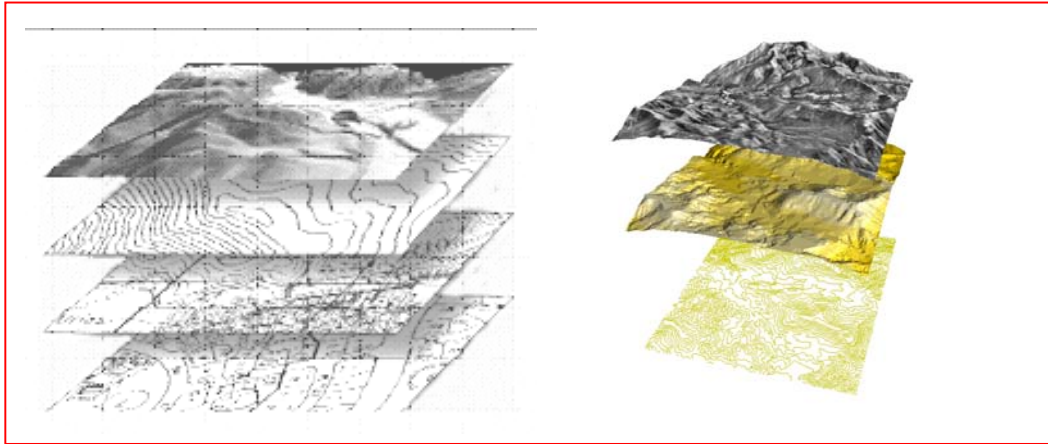
- tamaño y detalle de las estructuras que se pretende describir
- diversidad de la información representada
- nivel de resolución deseado
- componente de que se trate
- y naturaleza del problema.

Posibles niveles de planificación	Escalas propuestas	Tamaño de la escala	Unidad cartográfica mínima
Región	1:100.000 - 1:500.000	Pequeña	50 - 200 há
Provincia - Intercomuna	1: 50.000 - 1:100.000	↑	10 - 50 há
Comuna	1:10.000 - 1:50.000	↓	5 - 10 há
Localidad / Sector	1:500 - 1: 5.000	Grande	0,01 - 0,1há

## II.2.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se pueden entender como una caja de experimentación (Bosque, 1992; citado por Barredo, 1996), lo que permite plantear diferentes escenarios virtuales de una determinada región. Estos sistemas son una herramienta muy potente al aplicarlos en la planificación, pero requieren de una base de datos suficientemente amplia y completa que considere variables físicas, ambientales, ecológicas, sociales, económicas, etc.

Las funciones analíticas convierten a un SIG en una *maquina de simulación*, en la cual los planificadores territoriales pueden obtener una impresión de cual puede ser el resultado, en el territorio, de sus decisiones, o bien plantear diferentes escenarios virtuales para evaluar la implementación de políticas o medidas de planificación (Barredo, 1996). Los datos espaciales contenidos en un SIG pueden concebirse como un conjunto de mapas de una porción específica de la superficie del territorio representando cada uno de ellos una variable temática, como red vial, hidrografía, ocupación del suelo, pozos, etc. (Barredo, 1996). Las capas se visualizan como un conjunto de elementos geográficos lógicamente relacionados y sus atributos temáticos en que cada capa almacena un tipo particular y homogéneo de objetos espaciales (Figura 12).



**Figura 12: capas temáticas superpuestas en un SIG**

En representaciones del uso de la tierra, de series de suelos, o unidades geológicas, la forma de la tierra se percibe usualmente como una superficie de variación continua, que no puede representarse apropiadamente como un mapa en dos dimensiones. Cualquier representación digital con variación continua del relieve en el espacio, se conoce como un **Modelo Digital de Elevación**: MDE (en inglés DEM: *Digital Elevation Model*), antes modelo de elevación del terreno, pero éste último comprende sólo datos de elevación o superficie terrestre. Los MDE son generados por interfaces gráficas disponibles en procesadores digitales y básicamente necesitan la información topográfica de la Comuna en formato de curvas de nivel.

La unidad básica de información de un MDE es un valor de elevación Z, al que acompañan los valores correspondientes de X e Y. Los MDE son útiles en aplicaciones civiles, pues permiten analizar zonas de difícil acceso para planear la construcción de carreteras o presas, la instalación de antenas de telecomunicaciones, etc. (Riesco y Torres, 2003). Las tendencias van aparentemente a remolque de las tecnologías orientadas a objetos y de los sistemas distribuidos, conceptos ambos nacidos en ámbito de la informática, con lo que la separación entre el mapa convencional y el *mapa virtual* de los SIG se hace más profunda (Felicísimo, 2004). Otros modelos que pueden derivarse de un MDE se utilizan en estudios de pendiente, aspecto y rugosidad del terreno, así como de curvatura de valles, caudales, simulación 3D, procesos geomorfológicos, etc. (Riesco y Torres, 2003). Aunque los MDE fueron originalmente desarrollados para modelar relieves, pueden ser usados para modelar la variación continua de cualquier atributo Z sobre una superficie en dos dimensiones, y son un complemento a las funciones de un SIG. Una posibilidad que genera la naturaleza digital de los MDE es la de realizar procesos de simulación del funcionamiento de un sistema dinámico real. Manipulando los datos del MDE o complementándolos con otras descripciones de fenómenos físicos se accede a un medio de investigación de gran potencialidad (Felicísimo, 2004). Es posible generar a partir de un SIG y de un MDE una interfaz llamada Virtual SIG en donde se representa desde una perspectiva 3D la información relevante contenida en el SIG de lugar en especial. La creación de un Virtual SIG implica la representación de los objetos cartografiados, representados por

las capas temáticas, desplegados en una perspectiva tridimensional, lo que permite la visualización más real del paisaje, evidenciando la geoforma y los elementos del paisaje en una forma más clara (Figura 13).

Los MDE tienen diferentes usos, siendo los más importantes:

- Almacenar datos de elevación para realizar mapas topográficos del terreno incluyendo la hipsografía (curvas de nivel) en formato digital.
- Problemas de corte-relleno en diseño de carreteras y otros proyectos de ingeniería civil.
- Despliegue tridimensional de la forma de la tierra, para diseño y planificación (arquitectura del paisaje).
- Análisis de visibilidad del territorio para usos en terreno.
- Para planear rutas, localizar represas, etc.
- Para análisis estadístico y comparación de diferentes clases de terrenos.
- Para calcular pendientes de mapas, aspectos, y perfiles de pendientes, que pueden ser usados para preparar mapas de sombras de relieves, asistencia a estudios geomorfológicos, o estimaciones de erosión, escorrentía.
- Como base para desplegar información temática o para una combinación de datos de relieve con datos temáticos como suelos, uso de la tierra o vegetación.
- Proveer datos para modelos de simulación de imágenes y procesos paisajistas.
- Al reemplazar la altitud por cualquier otro atributo de variación continua, el MDE puede representar superficies de tiempo de viaje, costo o energía a ser consumidos, población, índices de belleza visual, niveles de contaminación, niveles de agua, etc.

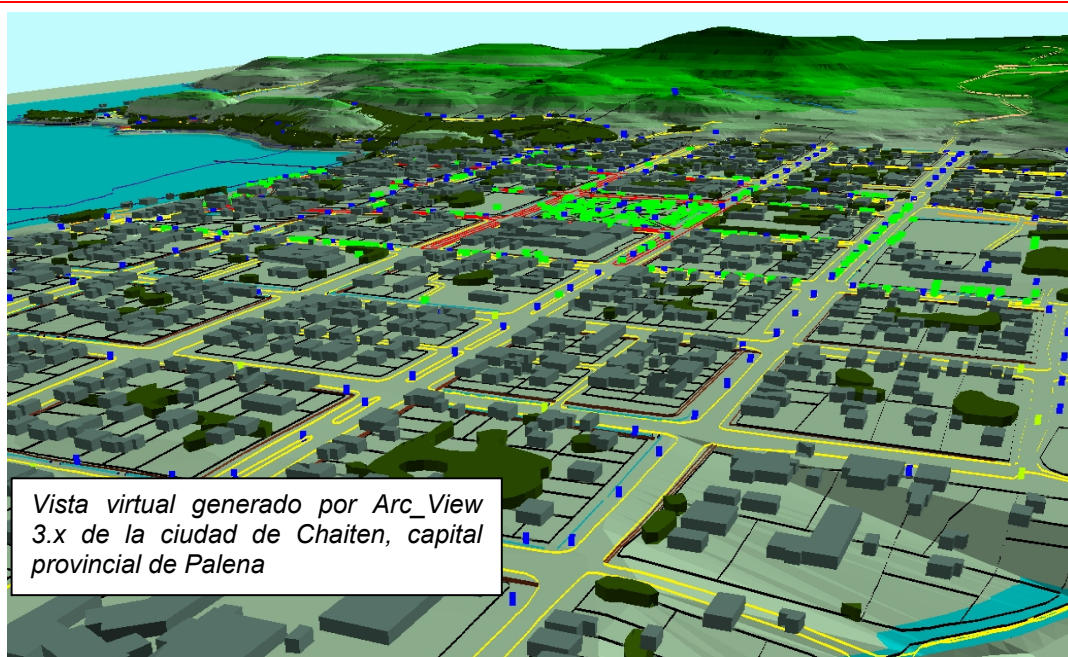
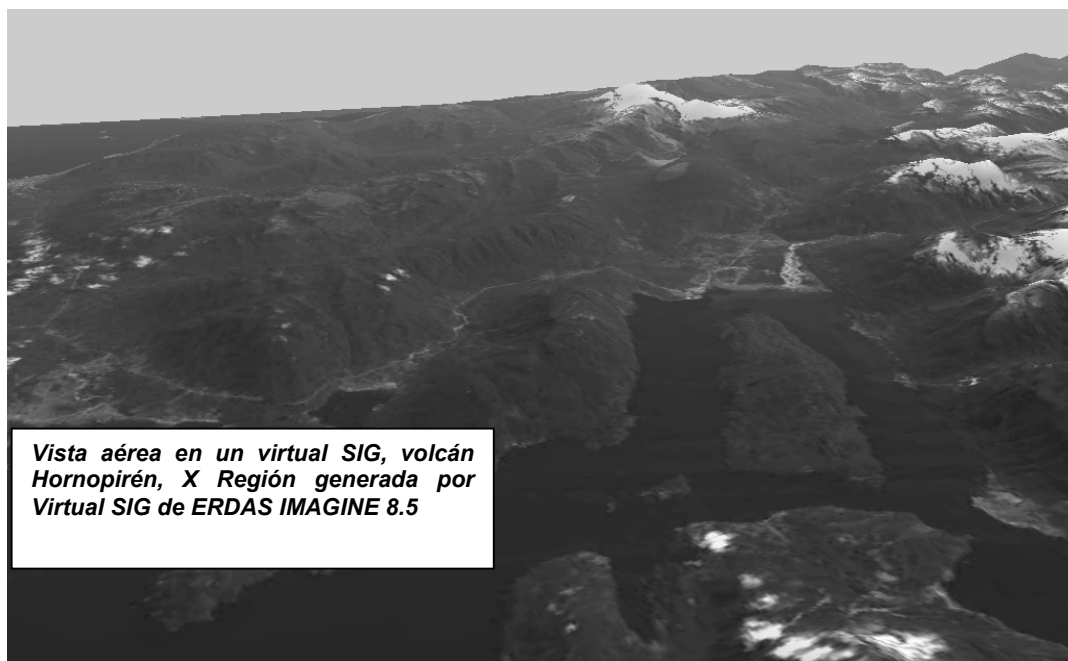


Figura 13: Imágenes de virtual GIS

### **II.2.3 INTEGRACIÓN DEL MODELADO ESPACIAL Y SIG**

El principal uso es como herramienta para añadir valor a la información, esto es generar nuevos datos por medio de un proceso establecido a partir de los datos existentes en la base de datos y modelos que describan en cierta forma el proceder del mundo real en determinadas condiciones. Se obtienen así resultados o soluciones acerca de problemas espaciales complejos al aumentar el potencial pudiendo ser utilizados como un importantes medio para la toma de decisiones en el ámbito local-regional, como en planificación de infraestructura, salud pública, gestión ambiental, etc. (Barredo, 1996). El catastro predial permite localizar las coordenadas de cada predio, de acuerdo a su rol de registro de la propiedad, con el cuál se identifica en la carta catastral, dónde se ubican todas las propiedades del municipio.

En el municipio debe existir una cartografía politemática que localice las principales variables ambientales y que caracterice sus atributos, lo cual se debe almacenar en una base de datos computarizada (Gastó, Cosio y Panario, 1993). La información municipal contenida en la base de datos no debe pretender ser exhaustiva, pero sí sistemática. Debe, además, ser suficiente como para contener los elementos necesarios para lograr una buena caracterización del entorno de cualquier predio del municipio. La información cartográfica municipal debe estar accesible a todos los usuarios (Gastó, Cosio y Panario, 1993). Entre ésta, se tiene la cartografía politemática municipal, las fotografías aéreas de los diversos vuelos y escalas que se han hecho de la comuna y las imágenes satelitales.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

#### **III.1 BREVE RESEÑA HISTORIA**

El relieve de la Provincia establece las actividades de uso de la zona, así el borde costero fue colonizado inicialmente por los pueblos indígenas (Huilliches, Poyas, Cuncos y Chonos) que aprovechaban los recursos marítimos. Posteriormente la colonización española en el s. XVI logro colonizar la isla de Chiloé y en el s. XVIII Chiloé Continental. En el s. XIX creció el interés por los recursos naturales presentes, principalmente influenciado por la creación de la Provincia de Llanquihue, se exploto el Recurso Alerce (*Fitzroya cupressoides*) y del interés por parte del gobierno de Chile, existiendo presencia del ejercito y de la migración espontánea desde la isla de Chiloé, produciendo un poblamiento desordenado en el continente austral, y en ecosistemas de valles mas cercanos a las fronteras con la Republica de Argentina.

En el s. XX existen aun problemas de propiedad y del cambio de población por la disponibilidad de recursos. En general las actividades culturales relacionadas con el crecimiento y desarrollo de esta provincia se relacionan con las colonizaciones por vías marítimas a comienzos del s. XX y desde los inicios de la construcción de la carretera austral, en las últimas décadas. La comuna de Futaleufú se escapa del patrón de colonización presente en el borde costero y tiene mas influencia de los asentamientos trasandinos relacionados con la Republica de Argentina, ya que se encuentra en la Cordillera de los Andes, siendo una zona limítrofe con ese país.

#### **III.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: SISTEMA TERRITORIAL**

El contexto en que se desarrolla este proyecto es la situación contemporánea de los Recursos Naturales, y mas específicamente del territorio, comprendido como ecosistema, y el uso que el hombre le da a éste y como lo modela. Es necesario abordar el estudio del territorio como un sistema complejo, que abarca los componentes bióticos y abióticos, sus interrelaciones y los agentes modeladores (hombre, la biosfera y los agentes físicos). También es necesario aceptar la crisis actual del manejo de los Recursos Naturales, que se relaciona con la excesiva extracción de materias primas en países como Chile, en donde no existe una concepción clara de la sustentabilidad y de los recursos que exigen las generaciones futuras, a nivel de país y de planeta, y la consecuente escasez futura que puede llegar a generarse por la extracción irracional.

El mayor conocimiento sobre las complejas relaciones ecológicas, la identificación y denuncia de responsabilidades por parte de las ONG's, la globalización de los problemas ambientales a través de los medios de comunicación, la Cumbre de la Tierra de 1992 y el énfasis de los países industrializados en la transferencia de conocimientos y tecnologías ambientales hacia el mundo en desarrollo, han posicionado el tema ambiental como uno de los principales desafíos de estos tiempos (OTAS, 2002). Los países desarrollados no recurren a sus Recursos Naturales para la producción de

recursos económicos, sino que necesitan de países que no tengan conciencia de estos problemas ambientales y que posean una legislación débil en materia ambiental, que generalmente corresponden a países en desarrollo o que tengan compromisos de comercio abierto.

En este contexto, salvaguardar la capacidad del ecosistema se refiere a mantener las complejas y dinámicas relaciones entre todos los componentes ambientales, evitando en lo posible una perturbación significativa de los procesos ecológicos y buscar las formas más adecuadas de compensación ambiental, cuando no sea posible evitar estos impactos, además de asegurar la disponibilidad de recursos naturales que se orienta a desarrollar y promover patrones de uso que no provoquen un agotamiento de los recursos naturales (OTAS, 2002). Para ello, es necesario proponer medidas que mejoren la sustentabilidad ambiental de los principales usos existentes y planeados. Esto no implica dejar de lado la calidad escénica o visual de estos recursos, que es sabido son un importante atractor a la industria turística globalizada que en Chile todavía posee una estructura informal. Por esto, conservar la variedad, el carácter y la belleza del paisaje (escénico), no es un criterio que atente contra la industria productiva, con mas prioridades en políticas de incentivos y beneficios, sino que se orienta a identificar y salvaguardar las áreas que tienen un alto potencial para una recreación cercana a lo natural, que busca el reencuentro con la naturaleza y los paisajes campestres que son parte del patrimonio cultural de una sociedad (OTAS, 2002).

El sistema territorial se relaciona con el componente ecológico que involucra al ecosistema y el componente cultural que comprende la acción modeladora del hombre en el medio que habita. El fenómeno naturaleza se describe como expresión limite en el ecosistema y se entiende como tal al considerar más sus relaciones funcionales, que el estudio de sus partes en forma separada. El sistema no es solo la suma de sus partes, sino que posee propiedades emergentes que lo caracterizan. Se requiere, por lo tanto, definir el conjunto de fenómenos que pertenecen al paisaje como un fenómeno tecnonatural para construir la imagen y de este modo establecer una metodología de trabajo siendo el paradigma el siguiente (Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002):

- La imagen que representa la unidad de estudio es el ecosistema paisaje.
- El ecosistema paisaje se caracteriza por su arquitectura y funcionamiento.
- Los fenómenos del sistema tecnonatural son eminentemente dinámicos.
- La dinámica no es caprichosa ni enteramente al azar.
- Existe una interdependencia entre su funcionamiento y su arquitectura, expresado en un cambio de estado.
- Es posible actuar sobre la arquitectura y modificar el funcionamiento y viceversa.

La cultura es parte importante en la modelación por parte del hombre al paisaje, ya que muestra los efectos o marcas en la naturaleza, definiéndose como un sistema de actividades que posee un sentido, la cual está relacionada con la religión, lenguaje, arte y mito, por lo que la percepción de un hecho no sólo está deformada por los sentidos, sino que también por la cultura del observador (Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 2002). En este sentido el fenómeno es la naturaleza y su expresión limite de la imagen es el

ecosistema-territorio, en donde el modelo depende de factores culturales, la estructura perceptiva y el paradigma que sirve de premisa para la interpretación que generan los sensores (muestreo, modelos matemáticos, bases de datos, etc.) que modelan y condicionan la representación del fenómeno que es la imagen de éste. Se busca discretizar la imagen del fenómeno (ecosistema), cuidando de no sobre simplificar el modelo que explica el comportamiento del sistema.

### III.3 SENTIDO DEL HIPERPROBLEMA: ANALISIS Y SINTESIS

El hiperproblema se puede definir según Gastó, Rodrigo y Aránguiz (2002) como una situación compleja y difusa que tiene una solución posible, pero que no puede ser resuelta en forma directa, es decir, en su estructura primitiva. El hiperproblema se enfoca en determinar la *escala* (matriz) que observe al fenómeno (parches-objeto) que implica el acento o variables estudiadas, con el objetivo de diseñar el paisaje. La escala de observación escogida es importante en la ecología del paisaje, ya que es altamente relevante para la distinción entre objetos agregados y sobre un cambio significativo en la escala esta asociado a jerarquías del fenómeno. El microscopio revela la organización celular y el satélite la observación de la biosfera. El problema de la caracterización y diseño del territorio se fundamenta en la *multiescala* en la que se representa el funcionamiento de un sistema ecológico, en donde la matriz de fondo es el contexto territorial, social, cultural, histórico, tecnológico. Esta multiescala se manifiesta por la existencia de niveles jerárquicos inferiores y mayores al nivel focal (paisaje), que se comportan en estructuras anidadas (unas jerarquías engloban a otras). En este sentido la información relevante es dependiente de la escala de observación del fenómeno, representada en mapas politemáticos, en donde se caracterizan y jerarquizan distintos atributos. El centro del problema es escala dependiente, refiriéndose al centro como la escala adecuada para responder las preguntas pertinentes al problema en cuestión. Se refiere también al nivel de resolución o información en función de medidas de superficie.

Para el estudio se consideran las cuencas como macro unidades de paisaje, en donde se desarrollan los procesos que modelan el ecosistema, y que además forman el mosaico de la hoya del Río Futaleufú. Por lo tanto, cada cuenca se estudia como unidad compuesta de parches, corredores y matriz, conceptualizándose como un mosaico-cuenca, perteneciendo a un mosaico de orden superior relacionado con la hoya del río Futaleufú.

Para el diseño de alternativas de uso del paisaje se necesitan criterios que complementen la caracterización o inventario ecológico de la zona de estudio. El uso múltiple del territorio, según Gastó, Rodrigo y Aránguiz (2002) tiene propósitos de **producción** (cultivos, ganaderos, forestal, de agua, peces y praderas, entre otros), **protección** (suelos, control de erosión, de fauna, de riberas y de paisaje-escénico, entre otros) y de **recreación** (cabalgadura, canotaje, senderismo, paisajismo, observación de fauna y pesca deportiva, entre otros). Las actividades humanas sobre el paisaje dependen de la tecnología, las formas de uso de la tierra, la densidad

poblacional y la estructura social o comunitaria (D'Angelo, 2002b). Todo esto incide en el grado e intensidad de la relación entre el entorno humano y el entorno biofísico y se refleja en paisajes con patrones característicos. La dinámica del paisaje regional emerge de la dinámica de sus ecosistemas componentes y de los intercambios de energía y materiales a través de procesos topográficos, hidrológicos y otros varios de naturaleza física y biológica. Los patrones espaciales imponen limitaciones estructurales sobre los procesos ecológicos que operan en diferentes niveles de organización.

El ordenamiento territorial implica un concepto de orden que depende del concepto de ecosistema natural que se aplique y este a su vez del paradigma particular que se considere (D'Angelo, 2002a). En sistemas con un **alto grado de artificialización**, la asignación del papel de los elementos depende, casi exclusivamente, de la decisión humana (externa al sistema). Existe la posibilidad que existan tantas ordenaciones como propósitos humanos. En **ecosistemas naturales** el orden deriva del ajuste desarrollado entre el propio sistema y su entorno. Los estados posibles están restringidos por las características estructurales y funcionales de los propios sistemas involucrados. En **ecosistemas tecnonaturales** dependerá de las restricciones impuestas por la integración del ecosistema natural y de las decisiones humanas.

La *arquitectura* o arreglo topológico del sistema, se refiere al modo en el que se organiza un cierto número de estructuras o componentes topológicos como recursos abióticos, organismos fotosintetizadores, organismos consumidores y variables del ambiente físico o hábitat (Gastó, 1979), entre un rango de arreglos espontáneos o naturales y no espontáneos o artificiales. También se refiere al arreglo de unidades territoriales (parches naturales, parches intervenidos, corredores naturales, corredores antrópicos, matriz, por ejemplo) en el contexto de la unidad paisaje, y se relaciona en como estas unidades constitutivas se relacionan entre sí y su comportamiento como unidad individual. El *arreglo espontáneo* se refiere cuando el control de la arquitectura y funcionamiento no es antrópico, o se desarrolla principalmente a partir de información natural del sistema (D'Angelo, 2002b). El *arreglo artificial* es cuando están principalmente influenciados por la información tecnológica.

### III.4 ANTECEDENTES DE METODOLOGÍA APLICADA

Uso de SIG para estudio de ecosistemas en escalas de paisaje o mayores, en donde el manejo de recursos aplicados en función de estudios ecológicos que proporcionen una estructura de bases de datos, posibiliten la agregación y desagregación de información entre escalas regionales-paisaje-predio y el uso del análisis espacial (estadístico) para la distribución ecológica (Stow, 1993). Este análisis ecológico incluye coordenadas geográficas y el uso de datos espaciales que establezcan un SIG multiescala para el estudio de ecosistemas.

Principalmente existen dos escuelas, relacionadas a países desarrollados: escuela europea y norteamericana en Ecología del Paisaje. La escuela europea tiene un mayor desarrollo (Naveh y Lieberman (1983); Troll, 1971; Zonneveld, 1979) en donde se

plantea el concepto de ecotopo como unidad mínima de estudio holística y se define como parte de la superficie terrestre que para objetivos prácticos se comporta como una unidad en función del suelo y la vegetación (Zonneveld, 1979). Estos ecotopos están compuestos de bioecosistemas y tecnoecosistemas y al agregarse conforman el sistema territorial (en inglés *Land system*) que se define como una unidad compuesta de unidades territoriales agregados que poseen patrones recurrentes geomorfológicos y geográficos (Bridgewater, 1993). La escuela norteamericana se funda principalmente con Forman y Godron (1986) que incorporan el término de *elemento del paisaje* (parche, corredor y matriz) que definen porciones homogéneas de unidades en función del origen y el uso actual que modelan las características de estos elementos.

Este trabajo se enfoca en la escuela norteamericana de ecología del paisaje propuesta por Forman y Godron (1986), en donde el foco es la estructura del paisaje, y como esta estructura relaciona diferentes tipos de parches de los ecosistemas y de los flujos entre los elementos. Considera que el paisaje no es estático y se estudia el cambio del mosaico de parches y los procesos. Esta escuela incorpora los nuevos conceptos de biodiversidad, contextualizándolo en escalas mayores de agregación (Risser, 1999). Los procesos que caracterizan y modelan el paisaje ocurren en escalas espaciales y temporales, por lo que la multiescala facilita el entendimiento, además de la ocupación de los SIG para la representación, modelación y simulación en distintas escalas. Esta escuela estudia los efectos recíprocos de los patrones espaciales en los procesos ecológicos e integra disciplinas económicas, políticas, antropológicas y en general las que están relacionadas al territorio (Hobbs, 1999). El objetivo es entonces encontrar soluciones para el manejo y conservación del territorio, en donde la escala de paisaje es relevante.

Las aplicaciones de esta teoría y del modo de hacer ecología se relacionan con el estudio, caracterización y manejo de recursos naturales en escalas de paisaje. Los objetivos de la planificación del paisaje se relacionan con la protección de la vida humana, la restauración de sitios degradados en el paisaje, la protección, mantención o restauración de hábitat o sitios prioritarios. Las aplicaciones se centran en el estudio de recursos como modelos hidrológicos para el manejo del agua en función de la topografía, la geometría del flujo, las áreas de acumulación (depresiones) y redes de flujo (Mac Millar, 1993), uso de modelos de paisaje para predecir el impacto de la silvicultura en el territorio en función de los hábitat (cobertura vegetal) (Lavers y Hanes-Young, 1993), uso de SIG para interpretar políticas ambientales y la modelación de efectos en el cambio del uso del territorio (Aspinall, 1993),

## **IV. MATERIALES Y METODOS**

### **IV.1 MATERIALES**

#### **IV.1.1 FUENTES DE INFORMACIÓN**

La siguiente información disponible se utilizó para generar el SIG de la Comuna de Futaleufú para caracterizar la Ecología del Paisaje:

1. Cartas IGM 1:50.000: Futaleufú 4300-7140, Río Futaleufú 4315-7140
2. Imagen landsat TM X región (2000)
3. Ortofotos Provincia de Palena, 1:70.000 (números)
4. Fotografías aéreas GEOCEN futaleufú, 1:20.000 año 2000, L1, N° 21976
5. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999).
6. SIG Proyecto Sistema de Información Territorial, Chile Ambiente (2000)
7. SIG IGM X región

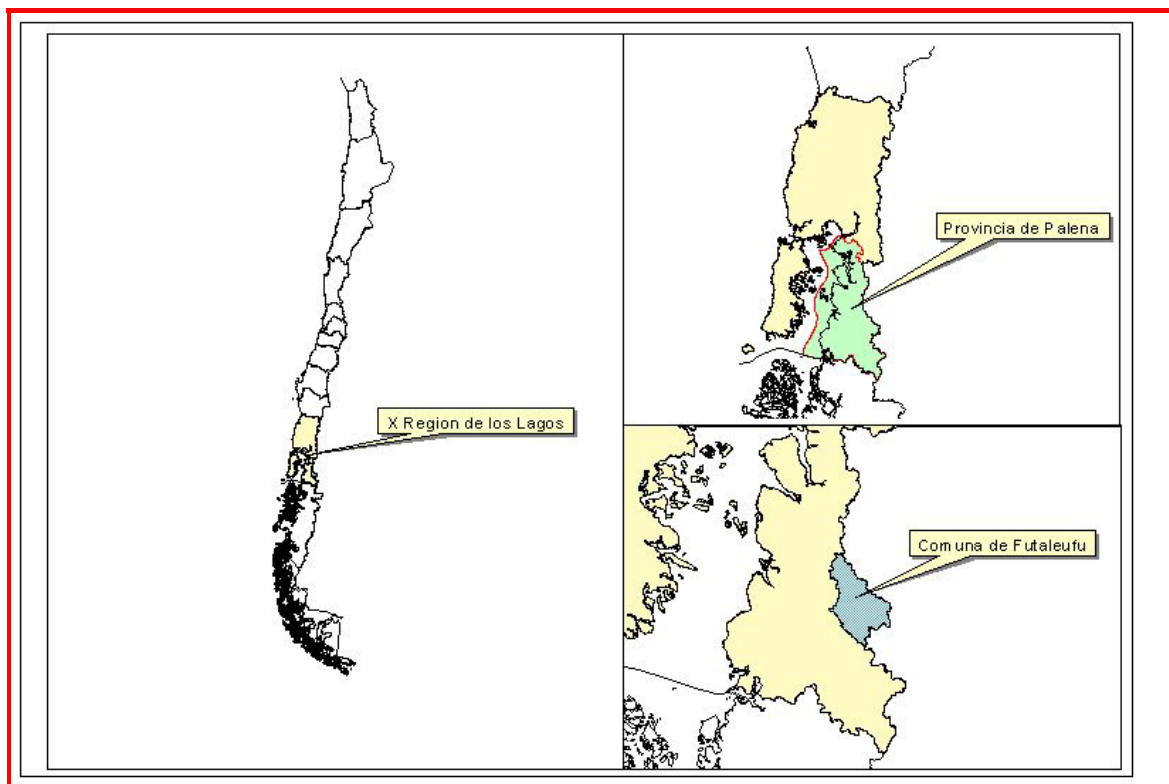
Además se utilizaron los siguientes softwares para el desarrollo del SIG:

1. Arc View GIS 3.2
2. ERDAS Imagine 8.5

#### **IV.1.2 ZONA DE ESTUDIO: LOCALIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA COMUNA DE FUTALEUFÚ**

La división política y administrativa del país establece tres niveles de ordenación territorial, donde se efectúan, además, las tareas de planificación: región, provincia y comuna. Las leyes N° 573 y N° 574 de 1974 caracterizan a cada una y establecen sus funciones (Toledo y Zapater, 1989) (Gastó *et al.*, 2002). El sistema de clasificación administrativo de los espacios rurales establece siete categorías o niveles, que se ordenan de mayor a menor permanencia de acuerdo con las variables que los definen y corresponden a lo siguiente (Gastó, Cosio y Panario, 1993): Macrorregión, País, Región, Provincia, Comuna, Predio y Potrero (Gastó, *et al.*, 2002).

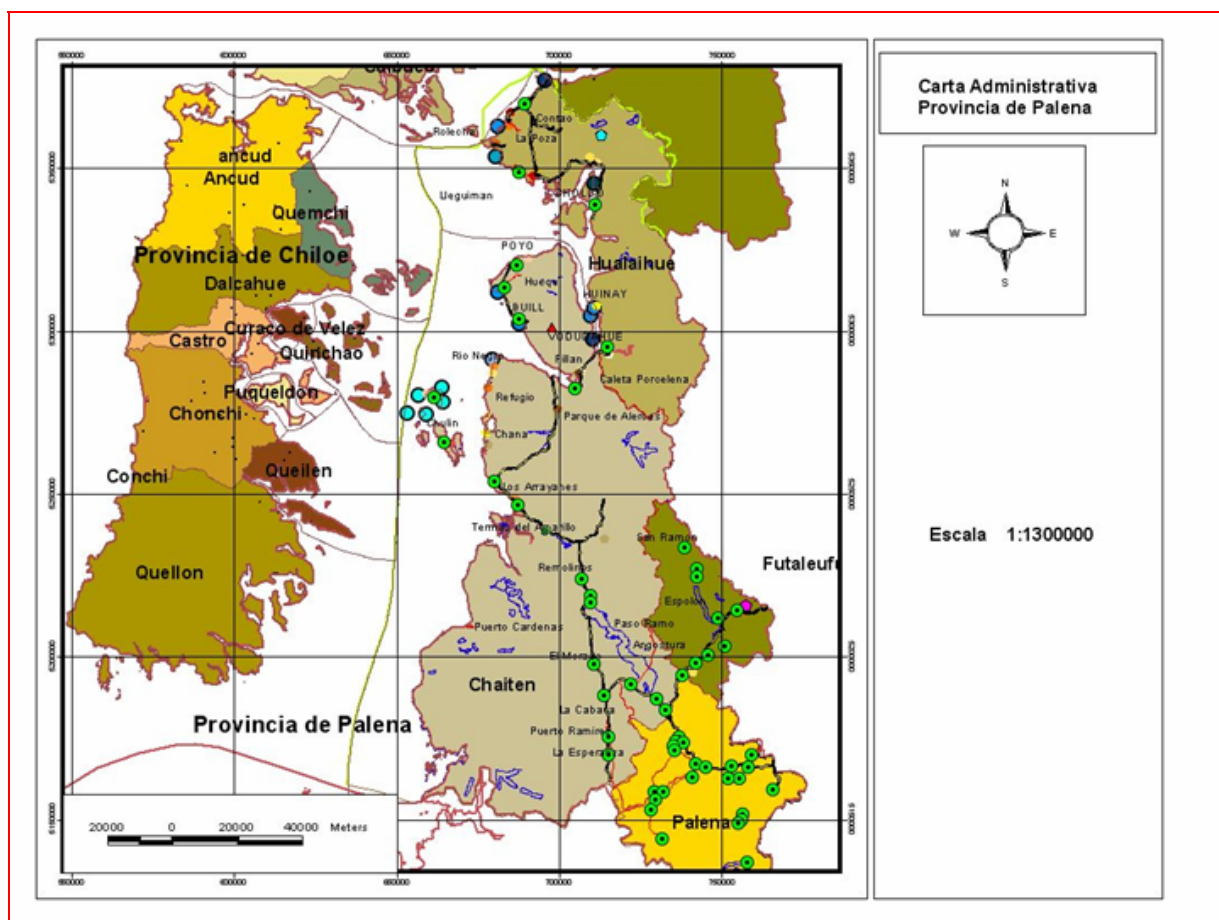




**Figura 14: Localización administrativa y geográfica de la Comuna de Futaleufú, Provincia de Palena, Región de los Lagos, Chile**

#### **IV.1.2.1 PROVINCIA DE PALENA**

La Provincia de Palena se ubica en el extremo sur de la X Región de los Lagos, en la República de Chile. Esta Provincia comprende 15.302 km<sup>2</sup> y se extiende entre los paralelos 42° y 44° de Latitud Sur y del meridiano 73° al 72° de Longitud Oeste y corresponde a la zona comúnmente llamada Chiloé Continental. Comprende las comunas de Chaitén, Hualaihué, Futaleufú y Palena siendo las principales ciudades Chaitén y Hornopirén (Figura 15). La primera, Chaitén, es sede del Gobierno Provincial, siendo Puerto Montt la Capital Regional (Gastó, et al. 2000).



**Figura 15: División administrativa de la Provincia de Palena, X Región, Chile.**

Las vías de acceso son terrestres, marítimas y aéreas (Figura 16). Por tierra, el acceso norte es por el Camino Longitudinal Austral que une Puerto Montt a la ciudad de Hornopirén y por el sur, por el mismo Camino que conecta Chaitén a Coyhaique y Villa O'Higgins en la XI región (Gastó, et al. 2000). Las redes viales de la Provincia son limitadas y escasas; y su uso es altamente dependiente de las condiciones climáticas. Los 15.302 km<sup>2</sup> de su territorio solo cuentan con 412 km de camino de ripio de los cuales 172 km corresponden al Camino Longitudinal Austral o Ruta 7 (SERNATUR, 1999). La Carretera Austral de Norte a Sur, se inicia en Puerto Montt hasta Villa O'Higgins en la XI Región. Las discontinuaciones se deben al enorme costo que habría significado una ruta terrestre para conectar valles escarpados y sucesivos separados por altas montañas, prefiriéndose la vía marítima. Esto hizo necesario la construcción de rampas para los transbordadores en variados lugares. Así la conexión se hace posible principalmente por embarcaciones de cabotaje menor usualmente de propiedad privada, ya que no existe un transporte marítimo organizado en esta zona en particular (Gastó, et al. 2000).

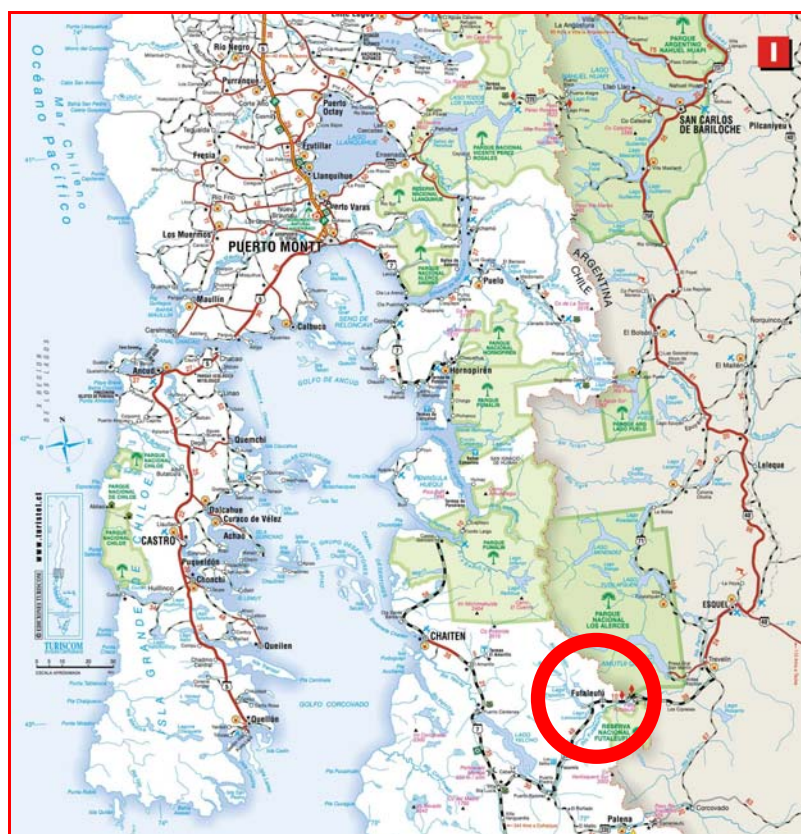


Figura 16: Vías de acceso a la Comuna de Futaleufú, Provincia de Palena, X Región, Chile (fuente: [www.turistel.cl](http://www.turistel.cl))

Solo Chaitén cuenta con un puerto con instalaciones mínimas, siendo el transporte marítimo el sistema más importante para la zona tanto para carga como para pasajeros. Para satisfacer en parte esta demanda existen tres tipos de embarcaciones que conectan los asentamientos de la zona: los barcos, las barcasas de empresas marítimas de transporte público organizado y embarcaciones de cabotaje menor usualmente de propiedad privada, y recientemente se ha incorporado el uso de catamaranes por parte de la empresa privada, que disminuye los tiempos de viaje en forma considerable. Los barcos y barcasas conectan esta zona generalmente desde Chaitén a Puerto Montt, Puerto Aisén y Chiloé y los tramos marítimos de la Carretera Austral ya mencionados (Gastó, et al. 2000).

En cuanto a la infraestructura para el transporte aéreo, la situación es similar. La zona cuenta con un aeropuerto en Chaitén. Existen también cuatro aeródromos públicos en Hornopirén, Futaleufú, Contao, Puerto Cárdenas y Ayacara y algunos aeródromos privados situados en numerosos lugares apartados en la zona o de difícil acceso por otras vías (Gastó, et al. 2000).

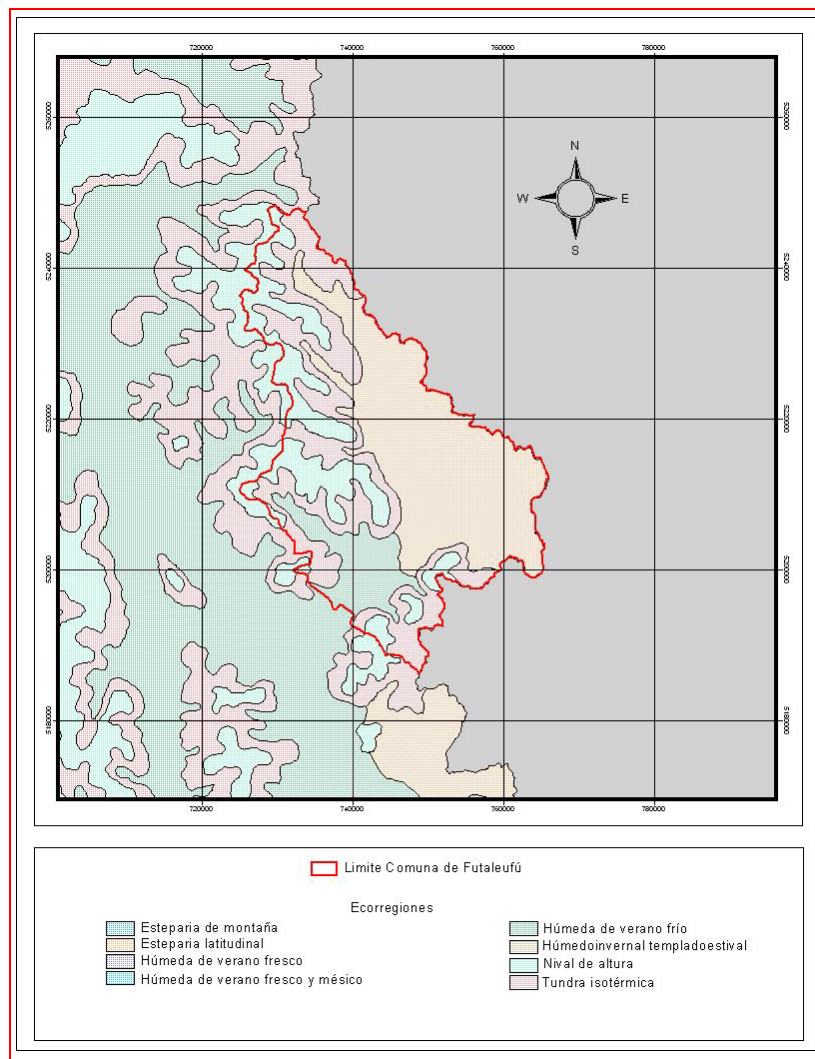
#### IV.1.2.2 LOCALIZACIÓN ECORREGIONAL DE LA PROVINCIA DE PALENA

El sistema de clasificación ecológica consta de nueve categorías o niveles que, ordenados en una jerarquía de mayor a menor permanencia, corresponden a lo siguiente (Gallardo y Gastó, 1985; Gastó, Silva y Cosio, 1990):

- Reino
- Dominio
- Provincia
- Distrito
- Sitio

Cada categoría y clase, además de la variable principal que la define se caracteriza por las restantes propiedades y atributos ecosistémicos, sea clima (Köppen, 1923, 1948), geoforma (Murphy, 1967), ambiente edáfico y artificialización, entre otros, de acuerdo con lo que corresponde. El nivel de resolución de cada categoría tiene una escala cartográfica específica para su representación (Gastó, Cosio y Panario, 1993). La categoría de Reino corresponde a las variables que definen las zonas fundamentales de Köppen (1923, 1948). En esta forma el país se divide en 23 Provincias Ecorregionales, las cuales se representan en escalas de aproximadamente 1:1.000.000. La comuna, en cambio, se representa en escala 1:300.000, por lo cual requiere de una descripción climática más detallada. La comuna de Futaleufú (Figura 17) se localiza en distintos Reinos: Templado, nevado, boreal, estos se caracterizan por:

REINO	DOMINIO	PROVINCIA
<b>Templado</b>	Húmedo, "Selva Templada"	Húmeda de Verano Frío, "Alcalufe"
		Húmeda de Verano Fresco y Mésico. "Los Lagos"
<b>Boreal</b>	Húmedo Invernal, "Boreal"	Húmedo Invernal Frío, "Parque Austral"
<b>Nevado</b>	Tundra	Tundra Isotérmica, "Yagan"
	Nival	Nival de Altura. Roqueríos, Nieve y Hielo.



**Figura 17: zonas ecorregionales (Gastó, et al. 1994).**

El Dominio corresponde a los tipos fundamentales de Clima de Köppen, que en el caso de la comuna corresponden a estepario, humedo, humedo invernal, nival, tundra (Gastó, et al. 1994).

El Reino Templado (3000-000-0000) se caracteriza por la temperatura del mes más frío que es entre  $-3^{\circ}\text{C}$  y  $18^{\circ}\text{C}$ . Posee suficiente precipitación durante todo el año o durante la temporada de lluvias y una estación fresca no muy fría, lo cual permite el crecimiento de la vegetación (Gastó et al. 1994):

- El Dominio Húmedo "Selva Templada" (3400-000-0000) se caracteriza por ser de clima templado con estacionalidad marcada, dependiendo de la temperatura invernal. La disponibilidad hídrica es abundante durante todo el año, lo cual permite el crecimiento de la vegetación, limitado solo por las variables térmicas y las condiciones edáficas.

El Reino Boreal (4000-000-0000) la temperatura del mes más frío es inferior a  $-3^{\circ}\text{C}$  y la del mes más cálido, superior a  $10^{\circ}\text{C}$ . Se combina el auténtico invierno con presencia de nieve y el auténtico verano, aunque a veces lluvioso y de poca duración (Gastó et al. 1994):

- El Dominio Húmedo Invernal “Boreal” (4100-000-0000) se caracteriza por un clima marcadamente estacional, con un largo invierno y un verano corto. En este hemisferio es de escaso significado.

El Reino Nevado (5000-000-0000) se caracteriza por la temperatura de todos los meses es inferior a  $10^{\circ}\text{C}$  (Gastó et al., 1994 a).

- El Dominio Tundra (5100-000-0000) se caracteriza por bajas temperaturas y corto período de crecimiento, de aproximadamente dos meses, permaneciendo el resto del tiempo con el suelo congelado. La temperatura del mes más cálido es superior a  $0^{\circ}\text{C}$ , pero inferior a  $10^{\circ}\text{C}$  (Gastó, et al. 2000).
- El Dominio Nival (5200-000-0000) corresponde a glaciares, nieves y roqueríos (Gastó et al., 1994 a).

#### **IV.1.2.3 USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETACIONAL DE LA PROVINCIA DE PALENA**

Según la información proporcionada por el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile (CONAF-CONAMA–BIRF, 1999, Figura 18), el principal uso que tiene el suelo en la Provincia de Palena es el de bosques nativos con 64,3% de la superficie, le siguen las nieves y glaciares con un 17,0%, las tierras desprovistas de vegetación con un 8,1%, matorral pradera con un 1,89%, matorrales con un 1,71% y praderas con un 1,09% entre otros (Gastó, et al. 2000).

De la superficie total de la Provincia un 38% corresponde a bosque nativos adultos, los que a su vez representan un 59% de la superficie provincial de bosques nativos. Dentro de los mismos le siguen en importancia los bosques achaparrados con un 27% de la superficie boscosa, siendo escasos los bosques renovales con un 9% y los bosques adultos renoval con un 4% (Gastó, et al. 2000). Esta situación explica que hasta hoy una de las principales actividades de la Provincia de Palena sea la explotación forestal de bosques nativos, y en especial a través de la práctica de floreo de especies de gran valor como *Pilgerodendron uviferum* (Ciprés de las Guaitecas) y *Fitzroya cupressoides* (Alerce), como también la corta para necesidades de combustible, construcción, entre otros. En cuanto a las plantaciones forestales tienen una mínima extensión en la Provincia (0.007%) (Gastó, et al. 2000).

USO DEL SUELO	SUPERFICIE POR COMUNA (ha)				SUPERFICIE DE LA PROVINCIA	
	CHAITEN	HUALAIHUE	FUTALEUFU	PALENA	TOTAL (ha)	(%)
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	89,1	130,4	60,7	57,2	337,4	0,022
TERRENOS AGRÍCOLAS	3,7	0,0	51,5	0,0	55,2	0,004
<b>PRADERAS Y MATORRALES</b>						
Pradera	4.612,5	1.036,7	5.603,2	5.349,4	16.601,8	1,095
Matorral pradera	10.264,0	6.193,1	1.416,6	10.793,8	28.667,5	1,892
Matorral	5.355,7	1.538,6	9.114,6	9.922,1	25.930,9	1,711
Matorral arborescente	5.678,1	3.193,6	6.309,8	4.166,1	19.347,6	1,277
Subtotal:	<b>25.910,2</b>	<b>11.962,0</b>	<b>22.444,1</b>	<b>30.231,3</b>	<b>90.547,6</b>	<b>5,975</b>
<b>BOSQUES</b>						
Plantaciones	0,0	10,0	21,1	82,1	113,2	0,007
<b>BOSQUE NATIVO</b>						
Bosque Adulto Denso	237.058,8	61.497,0	20.060,6	56.192,8	374.809,3	24,732
Bosque Adulto Semidenso	112.132,9	54.443,8	3.136,6	11.274,9	180.988,2	11,943
Bosque Adulto Abierto	13.341,6	4.080,5	813,9	0,0	18.236,0	1,203
Subtotal:	<b>362.533,4</b>	<b>120.021,4</b>	<b>24.011,0</b>	<b>67.467,7</b>	<b>574.033,5</b>	<b>37,879</b>
Renoval Denso	9.728,5	1.098,7	2.604,7	4.188,8	17.620,6	1,163
Renoval Semidenso	11.389,7	19.439,5	7.034,2	19.039,6	56.902,8	3,755
Renoval Abierto	5.972,3	3.496,1	1.949,1	6.519,3	17.936,8	1,184
Subtotal:	<b>27.090,4</b>	<b>24.034,3</b>	<b>11.587,9</b>	<b>29.747,6</b>	<b>92.460,3</b>	<b>6,101</b>
Bosque Adulto Renoval Denso	11.938,3	1.089,4	1.957,5	2.071,6	17.056,8	1,126
Bosque Adulto Renoval Semidenso	12.162,4	3.215,5	907,9	622,7	16.908,5	1,116
Bosque Adulto Renoval Abierto	5.737,1	156,3	501,6	0,0	6.395,1	0,422
Subtotal:	<b>29.837,8</b>	<b>4.461,2</b>	<b>3.367,0</b>	<b>2.694,3</b>	<b>40.360,4</b>	<b>2,663</b>
Bosques Achaparrados	165.563,5	37.551,9	19.640,6	44.728,4	267.484,4	17,650
Subtotal Bosque Nativo:	<b>585.025,1</b>	<b>186.068,9</b>	<b>58.606,5</b>	<b>144.638,10</b>	<b>974.338,5</b>	<b>64,293</b>
<b>BOSQUE MIXTO</b>	117,8	58,8	0,0	239,0	415,6	0,027
Subtotal Bosque:	<b>585.142,9</b>	<b>186.137,6</b>	<b>58.627,6</b>	<b>144.959,2</b>	<b>974.867,2</b>	<b>64,328</b>
<b>HUMEDALES</b>	11.811,8	908,7	0,0	694,9	13.415,4	0,885
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	68.455,9	10.664,0	15.258,7	28.866,7	123.245,2	8,133
NIEVES Y GLACIARES	111.086,0	76.094,4	23.702,3	46.704,6	257.587,3	16,997
AGUAS CONTINENTALES	24.702,0	3.162,5	2.590,2	10.129,6	40.584,3	2,678
ÁREAS NO RECONOCIDAS	7.510,7	7.308,2	0,0	0,0	14.818,9	0,978
Subtotal:	<b>223.566,4</b>	<b>98.137,8</b>	<b>41.551,2</b>	<b>86.395,7</b>	<b>449.651,1</b>	<b>29,671</b>
<b>TOTAL</b>	<b>834.712,2</b>	<b>296.367,8</b>	<b>122.735,0</b>	<b>261.643,4</b>	<b>1.515.458,4</b>	<b>100,000</b>

Figura 18: Superficie comunal por tipo de uso, Provincia de Palena (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999); (Gastó, et al. 2000).

#### IV.1.2.4 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE PALENA

La Provincia de Palena tiene un relieve característico de grandes pendientes (Figura 19). Otras fuentes de información más recientes como son el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile indica que un 47% de la superficie de la Provincia tiene pendientes mayores a un 45% (Gastó, et al. 2000).

<i>CLASE DE RANGO DE PENDIENTES</i>	<i>SUPERFICIE (ha)</i>	<i>% DE LA SUPERFICIE</i>
0 - 15%	343.160,5	22,6
15 - 30%	250.373,9	16,5
30 - 45%	198.266,9	13,1
45 - 60%	171.231,9	11,3
60 - 100%	466.177,0	30,7
>100%	75.458,4	4,9
No clasificado	10.789,7	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>1.515.458,4</b>	<b>100,0</b>

**Figura 19: Superficie de la Provincia de Palena por clase de pendientes (CONAF-CONAMA BIRF, 1999), (Gastó, et al. 2000).**

Esta característica de grandes pendientes señala el potencial de vista productivo limitado que se presenta para la zona y que no es posible modificar. Así el uso potencial del territorio se dirige a objetivos que armonizan con la conservación como son: la producción agrícola y ganadera de baja intensidad, la silvicultura de bosques nativos, la pesca artesanal, el turismo rural, el turismo aventura, el ecoturismo, entre otros (Gastó, et al. 2000).

#### **IV.1.2.5 COMUNA DE FUTALEUFÚ**

La Comuna de Futaleufú se encuentra emplazada en la X Región de los Lagos y tiene una superficie total de 1.280 km<sup>2</sup>, siendo la comuna más pequeña de la Provincia de Palena, representando cerca del 8% de la superficie total (Figura 20). Se encuentra a unos 368 km. de la capital Regional Puerto Montt, y tiene una accesibilidad regular que combina distintos medios de transporte como carretera, navegación y avión. Existe un aislamiento de las localidades entre sí y del centro urbano comunal, siendo uno de los factores limitantes principales del desarrollo de Futaleufú. A continuación se realiza una breve descripción del microclima y geomorfología de suelos de la comuna basada en un estudio realizado por FOCUS (2000).

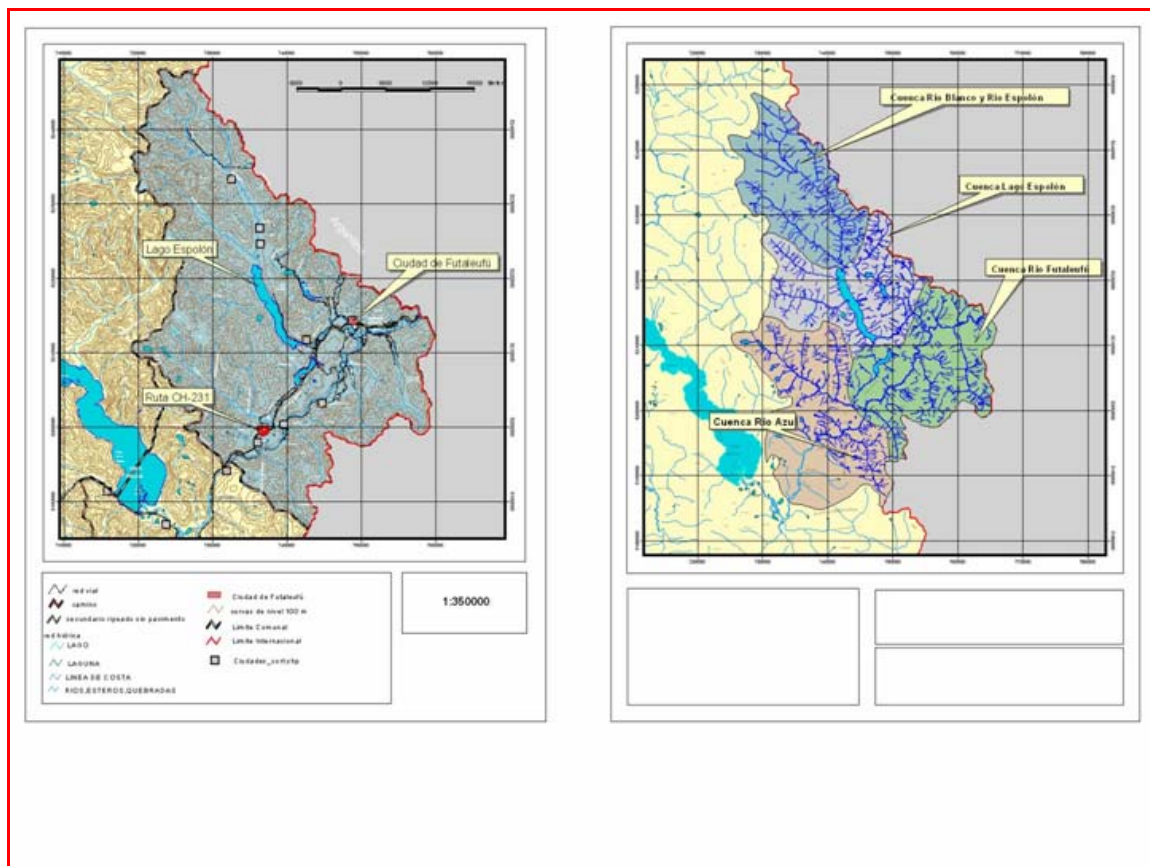


Figura 20: Carta base comuna Futaleufú y cuencas

#### IV.1.2.5.1 MICROCLIMA DE LA COMUNA

El clima de la comuna y en general de toda la provincia de Palena, es influenciado principalmente a los efectos del anticiclón del Pacífico, cuya influencia alcanza hasta la Provincia de Llanquihue, quedando la Provincia sujeta a las características climáticas de la XI Región. La diferencia de clima que se produce entre las localidades costeras y andinas, se origina porque en la costa aparece la influencia del mar y ésta con sus masas de aire húmedo que son arrastrados por los vientos predominantes del oeste hacia el interior, chocan con el relieve elevado que se encuentra muy cerca de la costa internándose escasamente hacia los valles, produciéndose así las precipitaciones más intensas en el sector costero.

La comuna de Futaleufú presenta características muy particulares a la de la provincia, debido a su localización montañosa, en ella las alturas andinas hacia el oeste y norte de la región comunal inducen en ella un efecto de sombra de lluvia, con lo cual la pluviometría es inferior a la del sector costero y las temperaturas de verano son mayores (Figura 21). Este efecto es claramente perceptible de Futaleufú (2.019 mm) y Palena (1.600 mm), no así en Puerto Ramírez, donde la pluviometría (3.781 mm) es tan alta como en Chaitén (3.653 mm). En las alturas

que rodean los valles, las precipitaciones sobrepasan los 3.400 mm., con valores probablemente inferiores cerca de la frontera Argentina.

<b>Mes</b>	<b>Futaleufú</b>	<b>Espolón</b>
<i>Enero</i>	83	98
<i>Febrero</i>	88	84
<i>Marzo</i>	73	97
<i>Abril</i>	145	195
<i>Mayo</i>	326	329
<i>Junio</i>	272	292
<i>Julio</i>	249	293
<i>Agosto</i>	251	234
<i>Septiembre</i>	184	195
<i>Octubre</i>	143	184
<i>Noviembre</i>	111	135
<i>Diciembre</i>	96	107
<b>Anual</b>	2.019	2.243

**Figura 21: Precipitación Promedio Anual (mm.). Fuente: CIREN año 2000.**

Los montos de precipitación son constantes durante todo el año, produciéndose períodos de alta pluviométricas en los meses de invierno y luego al inicio del verano; en este caso, es mayor el riesgo que se produce, ya que se combinan las aguas de las precipitaciones y la de los deshielos. En efecto tiene bastante relevancia en la conexión de la comuna y del sector específico de la Villa Santa Lucia, camino internacional (Futaleufú y Palena) y la continuación de la carretera Austral, tramo Chaitén Coyhaique.

#### **IV.1.2.5.2 GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS**

Esta área es modelada por la glaciación que aún opera en las montañas, encontrándose una abundancia de glaciares En dicha área las pendientes son abruptas y escarpadas con grandes farellones rocosos, labrados por los hielos, presentándose con gran profusión, derrumbes y deslizamientos, también se presenta en su morfología fondos planos o acolinados y lados abruptos, la alturas varían entre los 300 y los 400 m.s.n.m. y los macizos que la rodean van de los 1.650 a 2.090 m.s.n.m. Se encuentran algunos sectores significativos de terrazas aluviales, arenosos y algunos pedregosos, principalmente en los diferentes meandros formado por el curso del ríos Futaleufú. La situación actual del área es de extrema sensibilidad frente a desequilibrios naturales, en este sentido, se acusan deslizamientos por pérdidas de equilibrios en laderas forestadas con vegetación natural, principalmente en el sector que bordea el río, debiéndose esto a lo caudaloso del río en la totalidad de su extensión. La mayoría de los suelos han derivado de estos depósitos volcánicos sobre los macizos rocosos El relleno fluvial y el aluvial del fondo de los valles han influenciado en gran medida los escasos suelos bajos del sector y es solamente en estos lugares en donde el

material original ha tomado parte en la formación de los suelos, pero siempre influidos mayoritariamente por los depósitos de cenizas volcánicas. En Futaleufú cerca de la frontera aparecen suelos franco – arenosos y en el resto del valle predominan las texturas medias (suelos franco - limosos). El material de origen corresponde a cenizas volcánicas y en algunos lugares a depósitos aluviales. La profundidad del perfil es de 120 cm. en el pueblo de Futaleufú y la frontera. La topografía es de planos o lomajes suaves de depositación fluvio-glacial en el fondo de los valles, con pequeños piedmontt adosados a los lados abruptos de las laderas montañosas. Numerosas quebradas y cañones de arranque lateral al valle central forman extensiones de terreno utilizables por la ganadería.

#### **IV.1.2.5.3 HOYA DEL RÍO FUTALEUFÚ**

El agua es elemento que determina la existencia y características de los demás componentes territoriales de uso del ecosistema. Como un agente formador de relieve, determina tanto el aspecto de un lugar como las relaciones de evolución y adaptación de la geoforma, del suelo, de la cobertura vegetal y de las comunidades animales y, por ende, de la potencialidad evolutiva del sistema (Gastó, et al, 2002). Los principales Ríos que ocupan los valles glaciales y dos cuencas hidrográficas de gran importancia: la cuenca del río Puelo por el Norte y la cuenca del río Yelcho por el Sur. El Río Grande de Futaleufú pertenece a la cuenca del río Yelcho, y es uno de los recursos naturales más destacados de la provincia. Se trata de un río con gran caudal de agua que nace de una veintena de lagos en la Patagonia Argentina, recorre Futaleufú a lo ancho y llega al mar frente a Chiloé, luego de cambiar de nombre conocido como lago Yelcho (FOCUS, 2000). El río principal de la comuna, el río Futaleufú, es un nombre indígena y significa Río Grande. El río y sus paisajes son de gran belleza y de aguas claras y puras. Su cauce circula por riberas escarpadas, labrada por los glaciares en épocas pasadas (FOCUS, 2000). El río es uno de los factores naturales más significativos para el desarrollo turístico de la provincia.

La pendiente del río en promedio es alta, lo que lo hace sumamente caudaloso, siendo éste su principal atractivo turístico, este río tiene una longitud en el sector chileno de 40 km. una vez que ingresa al territorio chileno toma una orientación sur-oeste, sin presentar grandes variaciones de dirección, sólo meandros locales (FOCUS, 2000). Las unidades de estudio se enfocan en las cuencas de la hoya del Futaleufú, que dividen al territorio en unidades territoriales naturales, facilitando la discretización de las unidades del paisaje. Por esto se separa la macrocuenca (río Futaleufú) en unidades de paisaje que corresponden a las microcuenas que lo constituyen. La geomorfología fluvial del área presenta características torrenciales a nivel de toda la zona, los ríos tienen lechos bien estabilizados y drenan sin dificultad, debido a las precipitaciones y derretimientos de nieves característicos de la región. Solo los pequeños afluentes torrenciales que bajan desde estos cerros cercanos, causan problema por lo inestable de sus cauces y la fuerte pendiente de sus lechos, uno de los grandes problemas que

causa este fenómeno es la poca cobertura de capa vegetal que presenta el territorio sobre todo en los sectores más cordilleranos como Futaleufú y Palena (FOCUS, 2000). Se detallan los cauces naturales que componen la hoya del río Futaleufú y cada cuenca y sus cuerpos de agua, además de las estructuras artificiales, si existen.

#### IV.1.2.5.3 COMUNIDAD VEGETAL

El estudio de CONAF-CONAMA-BIRF (1999) del Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, incluye la cobertura vegetal y el uso del suelo en toda la superficie del país. El valor de este estudio es que contiene un grado de detalle de la información que permite describir los pormenores de una comuna; y, relacionarla con los de otras comunas. Según la clasificación de los tipos forestales de los bosques nativos de Chile desarrollada por Donoso para CONAF y FAO (1981), existen cinco tipos forestales encontrados en los bosques templados de la zona de estudio (Figura 22): hasta los 1000 m.s.n.m. están el tipo Siempreverde, el tipo Ciprés de las Guaitecas, y el tipo Alerce. Por sobre los 1000 m.s.n.m. están el tipo Lengua y el tipo Ciprés de la Cordillera (Gastó, et al. 2000). Se obtuvieron las siguientes comunidades según los tipos forestales de Donoso (1981):

TIPO FORESTAL	SUPERFICIE		PORCENTAJE (%) SUPERFICIE COMUNAL
	(ha)	(%)	
<b>CIPRES DE LA CORDILLERA</b>	2681,13	4,56	1,18
<b>COIHUE-RAULI-TEPA</b>	2980,35	5,07	1,32
<b>COIHUE DE MAGALLANES</b>	2522,18	4,29	1,11
<b>LENGA</b>	38100,12	64,79	16,83
<b>ROBLE-RAULI-COIHUE</b>	3863,77	6,57	1,71
<b>SIEMPREVERDE</b>	8655,36	14,72	3,82
<b>Total Tipo Forestal</b>	58802,91	100,00	226421,07

Figura 22: Superficies de Tipos Forestales de la comuna de Futaleufú

## IV.2 METODOLOGIA

Para establecer un marco teórico coherente con los criterios de ordenamiento territorial y sustentabilidad en el uso de recursos se estudia la ecología del paisaje propuesta por Forman y Godron (1986), debido a que es la ciencia que estudia ecosistemas de extensiones grandes, como una cuenca, y relaciona los componentes estructurales determinados por sus funciones y su dinámicas en el tiempo. Además se integra con criterios de Ordenamiento Territorial propuestos por Gastó et al. (2002), relacionadas a la planificación y al diseño territorial en ecosistemas rurales aplicados en la Comuna de Futaleufú, Provincia de Palena, bajo el objetivo de diseñar un Plan de Ordenamiento Territorial y de Planificación Territorial.

La *determinación de los objetivos* busca encontrar las políticas y direcciones, las limitaciones y potencialidades y el arreglo espacial deseado de la matriz y parches, esto es, que formas deben estar presentes en el paisaje para que provea una adecuada mantención de la diversidad biológica, procesos ecológicos viables y productividad y generar paisajes auto-organizados. El uso generalmente depende de los patrones del paisaje y que patrones son necesarios y donde. La definición de objetivos, prioridades y guías depende en gran parte de decisiones en distintas escalas, como país, región, provincia comuna y actualmente se relaciona más a problemas geopolíticos e intereses sectoriales, que a una visión mas holística del problema del uso del suelo y sus distintas aristas (ecológico, económico, social). Las nuevas tendencias de planificación territorial (principalmente europeas), incorporan la participación ciudadana comprometida para la delimitación y determinación de usos del territorio, con el fin de evitar la planificación ex situ y evitar conflictos posteriores. Por esto no esta dentro de los objetivos del proyecto diseñar los usos posibles, pero si analizar y establecer limitaciones y potencialidades ecológicas que se deberían considerar en una futura etapa de definición de objetivos, prioridades y guías.

El procedimiento se inicia con la identificación de las cartas del IGM que cubren el territorio. La escala de trabajo debe adecuarse a las circunstancias, en áreas de tamaño medio y donde existen cartas detalladas se trabaja en escala 1:25.000. Éstas permiten acceder con suficiente detalle a las características pertinentes del territorio. En otros casos de áreas de estudio de mayor tamaño, con territorios marginales, o donde no existe cartografía detallada, puede trabajarse con escalas más pequeñas tal como 1:50.000 ó incluso menores. En esta forma se divide el territorio en dos, lo que está dentro del paisaje y lo que está fuera de éste. En relación con esto último se describen las vías de acceso al paisaje (Gastó, et al, 2002). En los poblados y en lugares de alta concentración infraestructural, las escalas deben ser desde 1:500 a 1:5.000. La escala 1:300.000, significa que 1 cm. en la carta corresponde a 3000 m en el terreno, lo cual es adecuado para describir las variables físicas, de uso y catastrales de la comuna. Los SIG permiten

combinar escalas, por lo cual se incorpora mayor detalle en los lugares que así lo requieran.

Para la caracterización de la superficie de estudio en términos de la ecología del paisaje se busca describir y clasificar los distintos hábitats-parches presentes en la Comuna de Futaleufú utilizando la información proporcionada por el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999). Esta caracterización se realiza por la existencia como información primaria en formato digital disponible y por la utilización de ésta para su uso en el País, Región, Provincia y Comuna. La información proveniente de este Catastro permite agrupar las unidades de estudio en función de la descripción del uso del suelo proporcionado por los resultados y se utilizan como la tipología de parches que agrupa patrones de coberturas, geomorfologías y uso cultural (agricultura, silvicultura, protección de cuencas, habitacional, etc.) que conforman la unidad de estudio del paisaje (parche).

Se utilizan herramientas SIG (ARC- View, ERDAS) para la caracterización y análisis territorial de la hoya del Río Futaleufú y de escalas mayores geopolíticas (municipalidad, provincia, región) y en escalas menores administrativas (sub cuencas). Parte de la *Planificación Ambiental*, se refiere al proceso de programación y diseño técnico asociado con los procesos de estudio, inventario, clasificación y destino del paisaje para efectos de la ordenación territorial y el uso racional de los recursos naturales disponibles en el espacio geográfico presente y futuro. Para esto se agrupa y clasifica la información digital disponible en los ámbitos de:

- ecorregiones y clima
- geomorfología y curvas de nivel (cada 50 m)
- hidroestructura: redes hídricas, cuerpos de agua y cuencas hidrológicas
- cobertura vegetal y tipos forestales según el catastro vegetacional del bosque nativo
- caminos, asentamientos humanos, hitos
- límites administrativos
- tratamiento de imágenes satelitales y fotografías aéreas
- creación del MDE a partir de la información topográfica

Posteriormente se busca la delimitación de la escala de estudio, esto es la hoya hidrográfica del río Futaleufú y las cuencas que lo constituyen. La descripción de las escalas de estudio (región, cuenca, comuna, urbano-rural) según la ecología del paisaje se fundamenta en la elección de unidades naturales distinguibles como la hoya hidrográfica del río Futaleufú. Esta posee cuatro cuencas que se establecen como las unidades paisajísticas del estudio, en donde se caracteriza su estructura y sus propiedades:

- **composición**
- **configuración**
- **patrones**
- **tipología de parches**

Al establecer las relaciones o funciones que existen entre estos componentes y el comportamiento del mosaico-paisaje en términos de su función, la información requerida según la escala de observación es fundamental para la descripción del paisaje, ya que este no significa que tenga una jerarquía mayor que un ecosistema, sino que involucra grandes extensiones de ecosistemas. Al comparar las unidades territoriales (cuencas) en términos de las características de unidad mediante la disciplina de la ecología del paisaje, y caracterizar el mosaico-paisaje compuesto de las distintas cuencas, se busca establecer una relación entre las cuencas integradas en una hoya hidrográfica que se comporta como un mosaico mayor.

La modificación de la información proveniente del catastro para su uso en términos de definición de la ecología del paisaje se fundamenta en agrupar los parches en formato raster en polígonos vectoriales según la descripción de uso estableciendo la tipología de parches:

- **perturbación (natural)**
- **antrópico**
- **remanente**
- **recursos ambientales (naturales, antrópicos)**
- **habitados**

La aplicación de esta metodología incorpora la información disponible del catastro del bosque nativo, y el análisis espacial en términos de cuantificación del paisaje (*landscape metrics*, Mc Garigal y Marks, 1995) se desarrolla por estas unidades descritas. Este proceso se realiza también para los componentes corredores que se generan a partir de un buffer (área de amortiguamiento centro-borde) de 200 m, que se representa en forma digital en el SIG, lo que permite determinar la ocupación de suelo o cobertura que poseen estos parches en particular.

La caracterización de cada cuenca y para la hoya del río Futaleufú busca determinar:

- **parches dominantes (matriz)**
- **estado cuenca (fragmentación y uso del suelo)**
- **patchiness o patrón de distribución de parches en el paisaje**
- **superficie**
- **función**

La presentación de mapas y perspectivas 3D para la visualización de los modelos de representación incluye cartografía, cortes o perfiles topográficos, secciones, animaciones, recorridos virtuales, que tienen el objetivo de representar las ideas fuerza de una forma más clara y simple para la comunidad científica y también la no especializada. Al incluir los MDE a los modelos de representación cartográfica convencional vectoriales se busca la creación de paisajes digitales para la visualización y alternativas de diseño para la Comuna de Futaleufú.

## **V. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos corresponden a la cuantificación de los componentes del paisaje, en términos de la obtención de las tipologías de parches y el origen de estos. La caracterización de la superficie de la tierra relacionada a estos conceptos busca determinar el porque de las estructuras y patrones existentes en el presente, y por lo tanto, la realización de un inventario o catastro de los recursos territoriales.

Los siguientes resultados se muestran a continuación, siendo en el capítulo de discusión donde se interpreta la información obtenida.

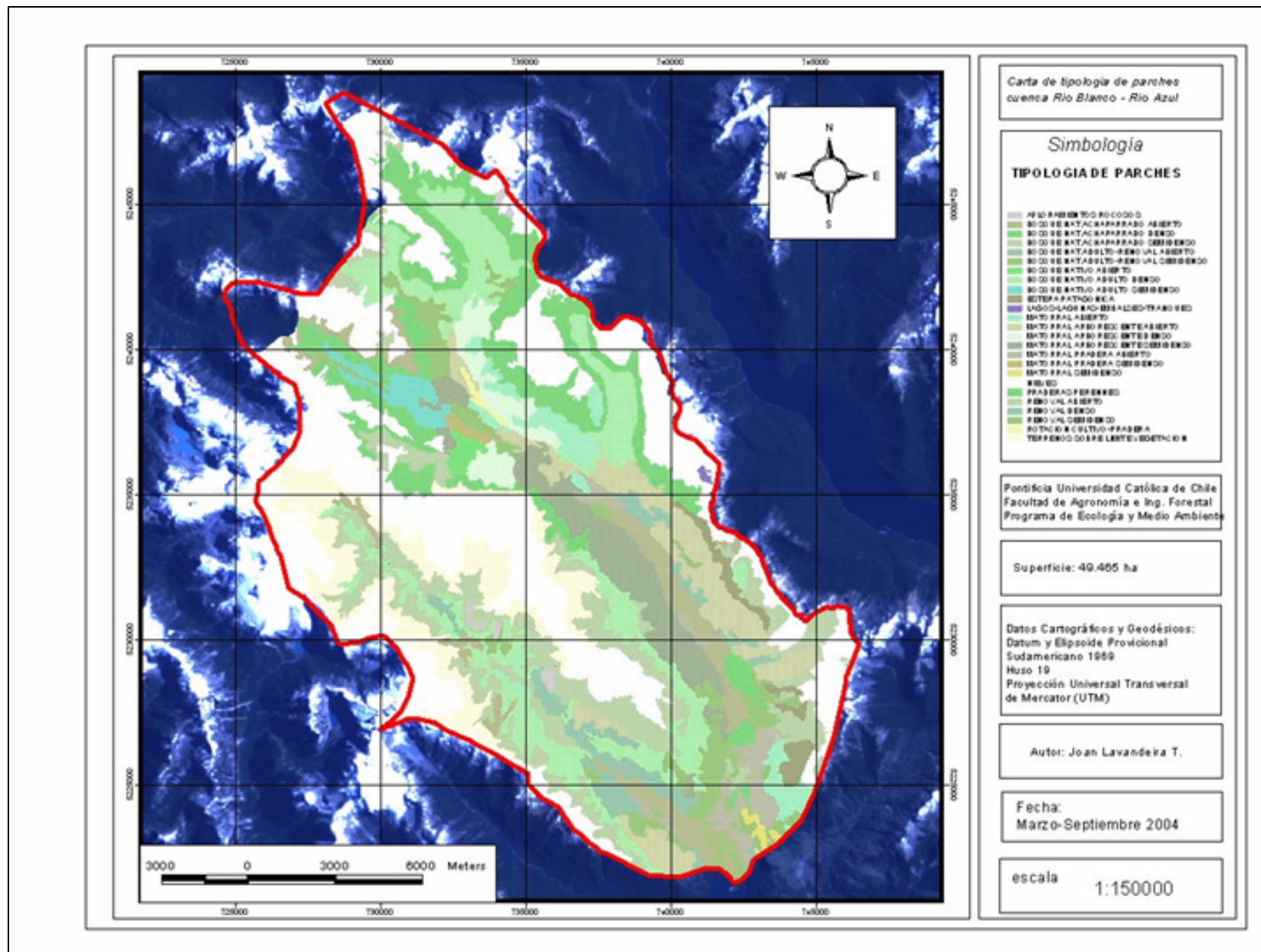


Figura23 : caracterización de tipología de parches en la cuenca Río Blanco-Río Azul

TIPOLOGIA DE PARCHES	ORIGEN	CA	PD	NUMP	MP\$	MEDP\$	P\$COV	P\$SD
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	<i>perturbación (natural)</i>	178,61	0,010	5,00	35,72	32,99	54,88	19,60
BO\$QUE NAT.ACHAPARRADO ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	2114,00	0,023	11,00	192,18	63,68	95,04	182,66
BO\$QUE NAT.ACHAPARRADO DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	2927,67	0,012	6,00	487,95	202,84	131,40	641,15
BO\$QUE NAT.ACHAPARRADO SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	4781,35	0,056	27,00	177,09	113,75	124,12	219,80
BO\$QUE NAT.ADULTO-RENOVAL ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	427,26	0,010	5,00	85,45	64,81	63,22	54,03
BO\$QUE NAT.ADULTO-RENOVAL SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	335,39	0,004	2,00	167,69	56,64	66,22	111,05
BO\$QUE NATIVO ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	118,12	0,002	1,00	118,12	118,12	0,00	0,00
BO\$QUE NATIVO ADULTO DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	7773,64	0,037	18,00	431,87	93,49	193,88	837,30
BO\$QUE NATIVO ADULTO SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	348,44	0,002	1,00	348,44	348,44	0,00	0,00
ESTEPA PATAGONICA	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	345,55	0,008	4,00	86,39	32,81	64,34	55,58
LAGOS-LAGUNAS-EMBALSES-TRANQUES	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	18,64	0,002	1,00	18,64	18,64	0,00	0,00
MATORRAL ABIERTO	<i>antrópico</i>	903,30	0,023	11,00	82,12	45,13	104,95	86,18
MATORRAL ARBORESCENTE ABIERTO	<i>antrópico</i>	1604,38	0,015	7,00	229,20	134,50	122,83	281,52
MATORRAL ARBORESCENTE DENSO	<i>antrópico</i>	602,67	0,006	3,00	200,89	173,04	25,57	51,37
MATORRAL ARBORESCENTE SEMIDENSO	<i>antrópico</i>	1406,42	0,010	5,00	281,28	45,77	161,62	454,60
MATORRAL PRADERA ABIERTO	<i>antrópico</i>	587,14	0,010	5,00	117,43	89,76	73,84	86,70
MATORRAL PRADERA SEMIDENSO	<i>antrópico</i>	63,99	0,002	1,00	63,99	63,99	0,00	0,00
MATORRAL SEMIDENSO	<i>antrópico</i>	442,30	0,006	3,00	147,43	147,43	0,00	0,00
NIEVES	<i>perturbación (natural)</i>	18830,36	0,035	17,00	1107,67	563,60	117,56	1302,16
PRADERAS PERENNES	<i>antrópico</i>	207,60	0,008	4,00	51,90	14,53	87,32	45,32
RENOVAL ABIERTO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	33,38	0,002	1,00	33,38	33,38	0,00	0,00
RENOVAL DENSO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	633,65	0,019	9,00	70,41	55,45	64,16	45,17
RENOVAL SEMIDENSO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	1101,19	0,048	23,00	47,88	35,96	72,39	34,66
ROTACION CULTIVO-PRADERA	<i>antrópico</i>	51,48	0,002	1,00	51,48	51,48	0,00	0,00
TERRENOS SOBRE LIMITE VEGETACION	<i>perturbación (natural)</i>	2212,11	0,008	4,00	553,03	109,84	120,86	668,39
<b>TOTAL</b>	<b>TLA</b>	<b>48048,64</b>	<b>0,360</b>	<b>175,00</b>				
<b>CA</b>	<i>sumatoria de todos los parches en función de las clases (ha)</i>							
<b>PD</b>	<i>densidad de parches % (numero/ha)</i>							
<b>TLA</b>	<i>sumatoria de todos los parches en un paisaje (ha)</i>							
<b>NUMP</b>	<i>numero de parches</i>							
<b>MP\$</b>	<i>promedio de tipos parches (ha)</i>							
<b>MEDP\$</b>	<i>mediana de tipos de parches (ha)</i>							
<b>P\$COV</b>	<i>coeficiente de variación (P\$S/MP\$)</i>							
<b>P\$SD</b>	<i>desviación estándar (ha)</i>							
<b>ORIGEN</b>	<b>CA</b>	<b>NUMP</b>	<b>CA%</b>	<b>NUMP%</b>				
<i>perturbación (natural)</i>	21221,08	26,00	44,2	14,9				
<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	19190,06	76,00	39,94	43,4				
<i>antrópico</i>	5869,31	40,00	12,22	22,9				
<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	1768,23	33,00	3,68	18,9				
<b>TOTAL</b>	<b>48048,67</b>	<b>175,00</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>				

## Parches Cuenca Río Blanco Río Azul

Figura 24: caracterización de tipología de parches en la cuenca Río Blanco-Río Azul

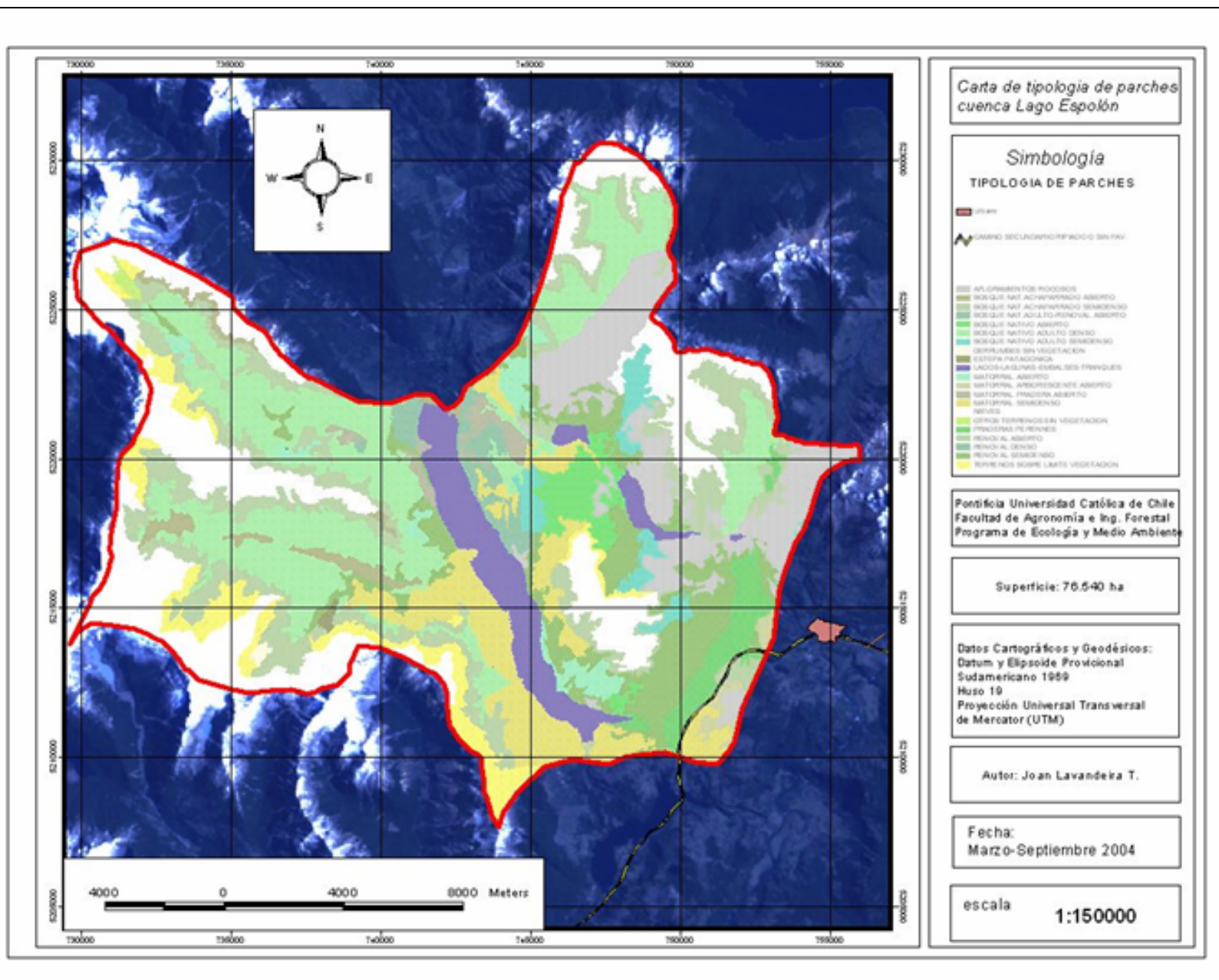


Figura 25: caracterización de tipología de parches en la cuenca del Lago Espolón

TIPOLOGIA DE PARCHES	ORIGEN	CA	PD	NUMP	MPS	MEDPS	PSCOV	PSSD
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	<i>perturbación (natural)</i>	6573,51	0,014	11,00	597,59	54,26	151,93	907,95
BOSQUE NATACHAPARRADO ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	1204,65	0,009	7,00	172,09	113,45	82,65	142,24
BOSQUE NATACHAPARRADO SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	5152,77	0,020	15,00	343,52	348,42	61,23	210,33
BOSQUE NATADULTO-RENOVAL ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	177,62	0,003	2,00	88,81	31,38	64,67	57,43
BOSQUE NATMO ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	651,48	0,003	2,00	325,74	48,25	85,19	277,49
BOSQUE NATMO ADULTO DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	9349,84	0,017	13,00	719,22	85,78	150,68	1083,69
BOSQUE NATMO ADULTO SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	701,58	0,009	7,00	100,23	106,82	51,47	51,59
DERRUMBES SIN VEGETACION	<i>perturbación (natural)</i>	32,22	0,001	1,00	32,22	32,22	0,00	0,00
ESTEPA PATAGONICA	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	37,25	0,001	1,00	37,25	37,25	0,00	0,00
LAGOS-LAGUNAS-EMBALSES-TRANQUES	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	1652,34	0,005	4,00	413,09	68,99	140,82	581,72
MATORRAL ABIERTO	<i>antrópico</i>	782,02	0,008	6,00	130,34	55,04	64,22	83,70
MATORRAL ARBORESCENTE ABIERTO	<i>antrópico</i>	499,48	0,004	3,00	166,49	150,61	29,76	49,55
MATORRAL PRADERA ABIERTO	<i>antrópico</i>	483,76	0,007	5,00	96,75	59,99	74,12	71,71
MATORRAL SEMIDENSO	<i>antrópico</i>	21432,42	0,013	10,00	2143,24	3463,57	75,48	1617,78
NIEVES	<i>perturbación (natural)</i>	16822,11	0,012	9,00	1869,12	1249,75	91,42	1708,70
OTROS TERRENOS SIN VEGETACION	<i>antrópico</i>	55,04	0,001	1,00	55,04	55,04	0,00	0,00
PRADERAS PERENNES	<i>antrópico</i>	1358,23	0,004	3,00	452,74	45,17	128,55	582,01
RENOVAL ABIERTO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	810,60	0,007	5,00	162,12	128,29	80,57	130,62
RENOVAL DENSO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	443,02	0,005	4,00	110,76	22,47	134,83	149,33
RENOVAL SEMIDENSO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	3527,61	0,029	22,00	160,35	61,93	142,83	229,03
TERRENOS SOBRE LIMITE VEGETACION	<i>perturbación (natural)</i>	4793,11	0,013	10,00	479,31	96,96	154,31	739,63
<b>TOTAL</b>	<b>TLA</b>	<b>76540,66</b>	<b>0,184</b>	<b>141,00</b>				
CA	<i>sumatoria de todos los parches en función de las clases (ha)</i>							
PD	<i>densidad de parches % (numero/ha)</i>							
TLA	<i>sumatoria de todos los parches en un paisaje (ha)</i>							
NUMP	<i>numero de parches</i>							
MPS	<i>promedio de tipos parches (ha)</i>							
MEDPS	<i>mediana de tipos de parches (ha)</i>							
PSCOV	<i>coeficiente de variación (PS/MPS)</i>							
PSSD	<i>desviación estandar (ha)</i>							
<b>ORIGEN</b>		<b>CA</b>	<b>NUMP</b>	<b>CA %</b>	<b>NUMP%</b>	<b>Parches Cuenca Lago Espolón</b>		
<i>perturbación (natural)</i>	28220,95	31,00	36,87	21,99				
<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	18927,53	51,00	24,73	36,17				
<i>antrópico</i>	24610,94	28,00	32,15	19,86				
<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	4781,23	31,00	6,25	21,99				
<b>total</b>	<b>76540,66</b>	<b>141,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>				

Figura 26: caracterización de tipología de parches en la cuenca del Lago Espolón

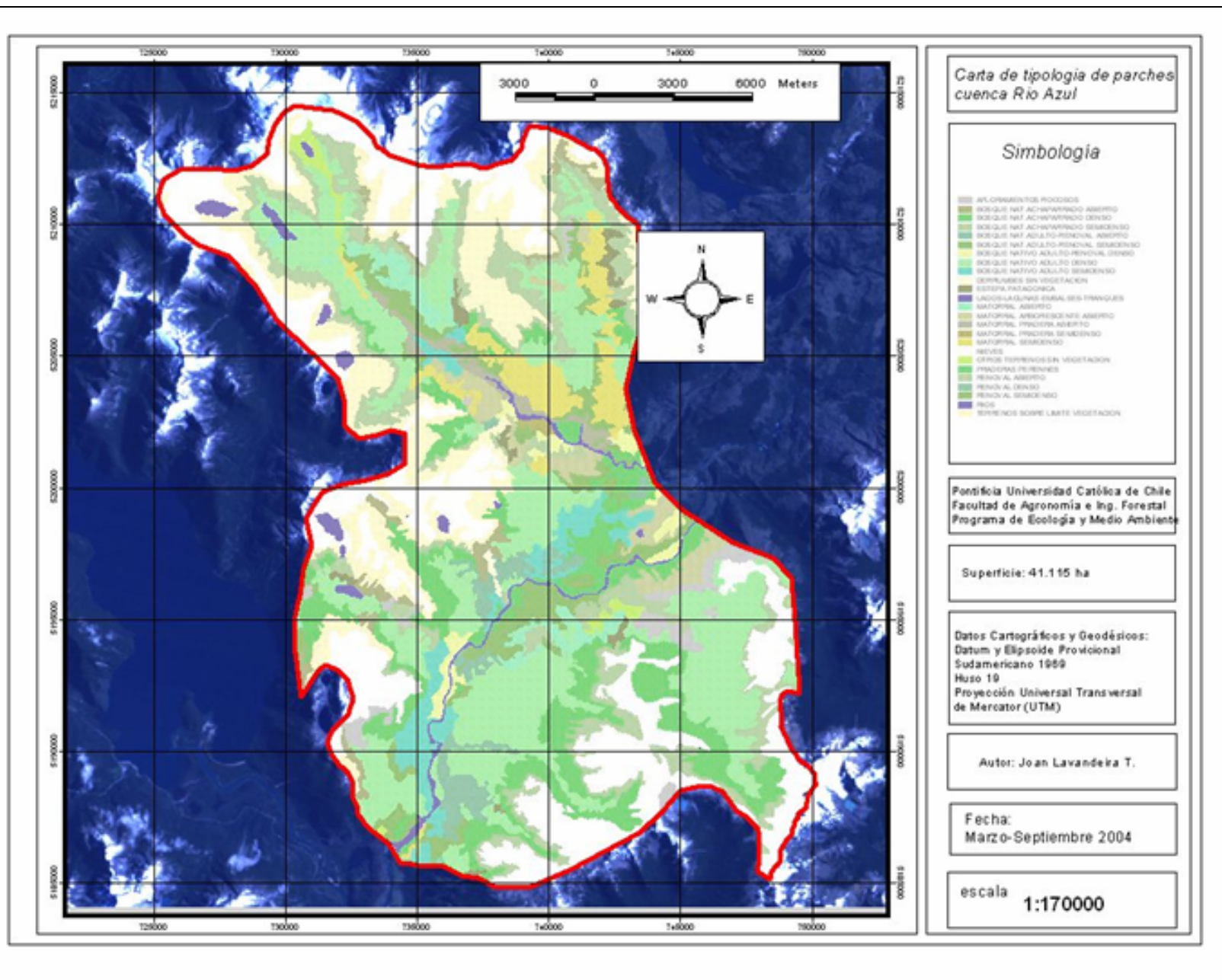


Figura 27: caracterización de tipología de parches en la cuenca río Azul

TIPOLOGIA DE PARCHES	ORIGEN	CA	PD	NUMP	MPs	MEDPs	P\$COV	P\$SD
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	<i>perturbación (natural)</i>	674,34	0,024	10,00	67,43	30,88	102,77	69,30
BO\$QUE NAT.ACHAPAR RADO ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	620,05	0,032	13,00	47,70	38,29	62,77	29,94
BO\$QUE NAT.ACHAPAR RADO DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	3639,20	0,041	17,00	214,07	72,37	122,75	262,78
BO\$QUE NAT.ACHAPAR RADO \$EMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	3800,94	0,058	24,00	158,37	46,01	122,95	194,72
BO\$QUE NAT.ADULTO-RENOVAL ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	42,28	0,002	1,00	42,28	42,28	0,00	0,00
BO\$QUE NAT.ADULTO-RENOVAL \$EMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	594,71	0,010	4,00	148,68	40,31	119,25	177,29
BO\$QUE NATIVO ADULTO-RENOVAL DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	485,11	0,027	11,00	44,10	32,65	84,89	37,43
BO\$QUE NATIVO ADULTO DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	8284,59	0,083	34,00	243,66	36,73	183,10	446,16
BO\$QUE NATIVO ADULTO \$EMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	1281,43	0,027	11,00	116,49	79,21	104,75	122,03
DERRUMBES \$IN VEGETACION	<i>perturbación (natural)</i>	36,75	0,002	1,00	36,75	36,75	0,00	0,00
ESTEPA PATAGONICA	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	307,05	0,019	8,00	38,38	29,08	68,75	26,39
LAGOS-LAGUNAS-EMBALSES-TRANQUES	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	352,77	0,027	11,00	32,07	25,73	67,98	21,80
MATORRAL ABIERTO	<i>antrópico</i>	741,03	0,017	7,00	105,86	32,81	120,06	127,10
MATORRAL ARBORESCENTE ABIERTO	<i>antrópico</i>	999,64	0,019	8,00	124,95	66,05	75,89	94,83
MATORRAL PRADERA ABIERTO	<i>antrópico</i>	389,15	0,002	1,00	389,15	389,15	0,00	0,00
MATORRAL PRADERA \$EMIDENSO	<i>antrópico</i>	50,79	0,002	1,00	50,79	50,79	0,00	0,00
MATORRAL \$EMIDENSO	<i>antrópico</i>	1372,89	0,022	9,00	152,54	48,17	110,51	168,58
NIEVES	<i>perturbación (natural)</i>	8313,09	0,027	11,00	755,74	596,01	107,32	811,03
OTROS TERRENOS \$IN VEGETACION	<i>antrópico</i>	303,28	0,010	4,00	75,82	12,67	99,84	75,70
PRADERAS PERENNES	<i>antrópico</i>	1028,15	0,029	12,00	85,68	29,05	180,67	154,80
RENOVAL ABIERTO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	543,42	0,015	6,00	90,57	61,43	95,49	86,48
RENOVAL DENSO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	877,72	0,015	6,00	146,29	98,44	87,07	127,37
RENOVAL \$EMIDENSO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	1386,66	0,058	24,00	57,78	36,14	111,06	64,17
RÍOS	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	357,95	0,005	2,00	178,97	107,36	40,01	71,61
TERRENOS \$OBRE LIMITE VEGETACION	<i>perturbación (natural)</i>	4632,86	0,046	19,00	243,83	59,09	138,69	338,16
<b>TOTAL</b>	<b>TLA</b>	<b>41115,82</b>	<b>0,620</b>	<b>255,00</b>				
<b>CA</b>	<i>suma total de todos los parches en función de las clases (ha)</i>							
<b>PD</b>	<i>densidad de parches % (numero/ha)</i>							
<b>TLA</b>	<i>suma total de todos los parches en un paisaje (ha)</i>							
<b>NUMP</b>	<i>numero de parches</i>							
<b>MPs</b>	<i>promedio de tipos parches (ha)</i>							
<b>MEDPs</b>	<i>mediana de tipos de parches (ha)</i>							
<b>P\$COV</b>	<i>coeficiente de variación P\$S/MPs</i>							
<b>P\$SD</b>	<i>desviación estándar (ha)</i>							
<b>MPAR</b>	<i>razón perímetro-a-área MPAR (m/ha)</i>							
<b>ORIGEN</b>	<b>CA</b>	<b>NUMP</b>	<b>CA %</b>	<b>NUMP%</b>	<b>Parches Cuenca Río Azul</b>			
<i>perturbación (natural)</i>	13657,03	41,00	33,22	16,08				
<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	19766,07	136,00	48,07	53,33				
<i>antrópico</i>	4884,93	42,00	11,88	16,47				
<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	2807,79	36,00	6,83	14,12				
<b>total</b>	<b>41115,82</b>	<b>255,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>				

Figura 28: caracterización de tipología de parches en la cuenca río Azul



tipología del parche	ORIGEN	CA	PD	NUMP	MPS	MEDPS	P\$COV	P\$SD
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	<i>perturbación (natural)</i>	7383,14	0,02	12,00	615,26	149,09	139,09	855,79
BOSQUE NAT.ACHAPARRADO DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	74,63	0,00	1,00	74,63	74,63	0,00	0,00
BOSQUE NAT.ACHAPARRADO SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	3961,27	0,04	23,00	172,23	113,46	96,90	166,89
BOSQUE NAT.ADULTO-RENOVAL ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	63,47	0,00	1,00	63,47	63,47	0,00	0,00
BOSQUE NAT.ADULTO-RENOVAL SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	249,64	0,00	3,00	83,21	37,68	90,05	74,94
BOSQUE NATIVO ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	44,26	0,00	1,00	44,26	44,26	0,00	0,00
BOSQUE NATIVO ADULTO-RENOVAL DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	1872,50	0,01	8,00	234,06	64,86	154,94	362,65
BOSQUE NATIVO ADULTO DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	7907,65	0,02	10,00	790,77	265,82	96,16	760,44
BOSQUE NATIVO ADULTO SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	1595,72	0,02	11,00	145,07	83,26	112,67	163,45
CIUDADES-PUEBLOS-ZONAS INDUSTRIALES	<i>habitados</i>	60,66	0,00	1,00	60,66	60,66	0,00	0,00
LAGOS-LAGUNAS-EMBALSES-TRANQUES	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	327,56	0,01	4,00	81,89	12,01	147,65	120,91
MATORRAL ABIERTO	<i>antrópico</i>	1487,00	0,00	2,00	743,50	648,55	12,77	94,94
MATORRAL ARBORESCENTE ABIERTO	<i>antrópico</i>	2295,57	0,02	12,00	191,30	150,61	56,28	107,66
MATORRAL DENSO	<i>antrópico</i>	135,58	0,00	1,00	135,58	135,58	0,00	0,00
MATORRAL SEMIDENSO	<i>antrópico</i>	7645,70	0,01	6,00	1274,28	298,99	121,73	1551,13
NIEVES	<i>perturbación (natural)</i>	6785,18	0,02	14,00	484,66	302,80	96,32	466,84
PLANTACION	<i>antrópico</i>	21,06	0,00	2,00	10,53	9,41	10,58	1,11
PRADERAS PERENNES	<i>antrópico</i>	7127,95	0,03	16,00	445,50	188,21	105,34	469,31
RENOVAL ABIERTO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	1267,43	0,01	6,00	211,24	38,71	107,31	226,69
RENOVAL DENSO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	1190,55	0,01	6,00	198,42	148,39	61,49	122,01
RENOVAL SEMIDENSO	<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	5310,01	0,04	23,00	230,87	72,46	137,19	316,73
RÍOS	<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	334,80	0,00	1,00	334,80	334,80	0,00	0,00
TERRENOS SOBRE LIMITE VEGETACION	<i>perturbación (natural)</i>	4439,10	0,00	3,00	1479,70	2176,60	66,61	985,66
<b>TOTAL</b>	<b>TLA</b>	<b>61580,41</b>		<b>167,00</b>				
<b>CA</b>	<i>sumatoria de todos los parches en función de las clases (ha)</i>							
<b>PD</b>	<i>densidad de parches (numero/ha)</i>							
<b>TLA</b>	<i>sumatoria de todos los parches en un paisaje (ha)</i>							
<b>NUMP</b>	<i>numero de parches</i>							
<b>MPS</b>	<i>promedio de tipos parches (ha)</i>							
<b>MEDPS</b>	<i>mediana de tipos de parches (ha)</i>							
<b>P\$COV</b>	<i>coeficiente de variación (PSS/MPS)</i>							
<b>P\$SD</b>	<i>desviación estándar (ha)</i>							
<b>ORIGEN</b>		<b>CA</b>	<b>NUMP</b>	<b>CA %</b>	<b>NUMP %</b>			
perturbación (natural)		18607,42	29,00	30,22	17,37			
recursos ambientales (naturales, antrópicos)		16431,48	63,00	26,68	37,72			
antrópico		18712,85	39,00	30,39	23,35			
remanente (naturales, antrópicos)		7767,99	35,00	12,61	20,96			
habitados		60,66	1,00	0,10	0,60			
<b>total</b>		<b>61580,41</b>	<b>167,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>			

**Parches Cuenca Río Futaleufú**

Figura 30: caracterización de tipología de parches en la cuenca Río Futaleufú

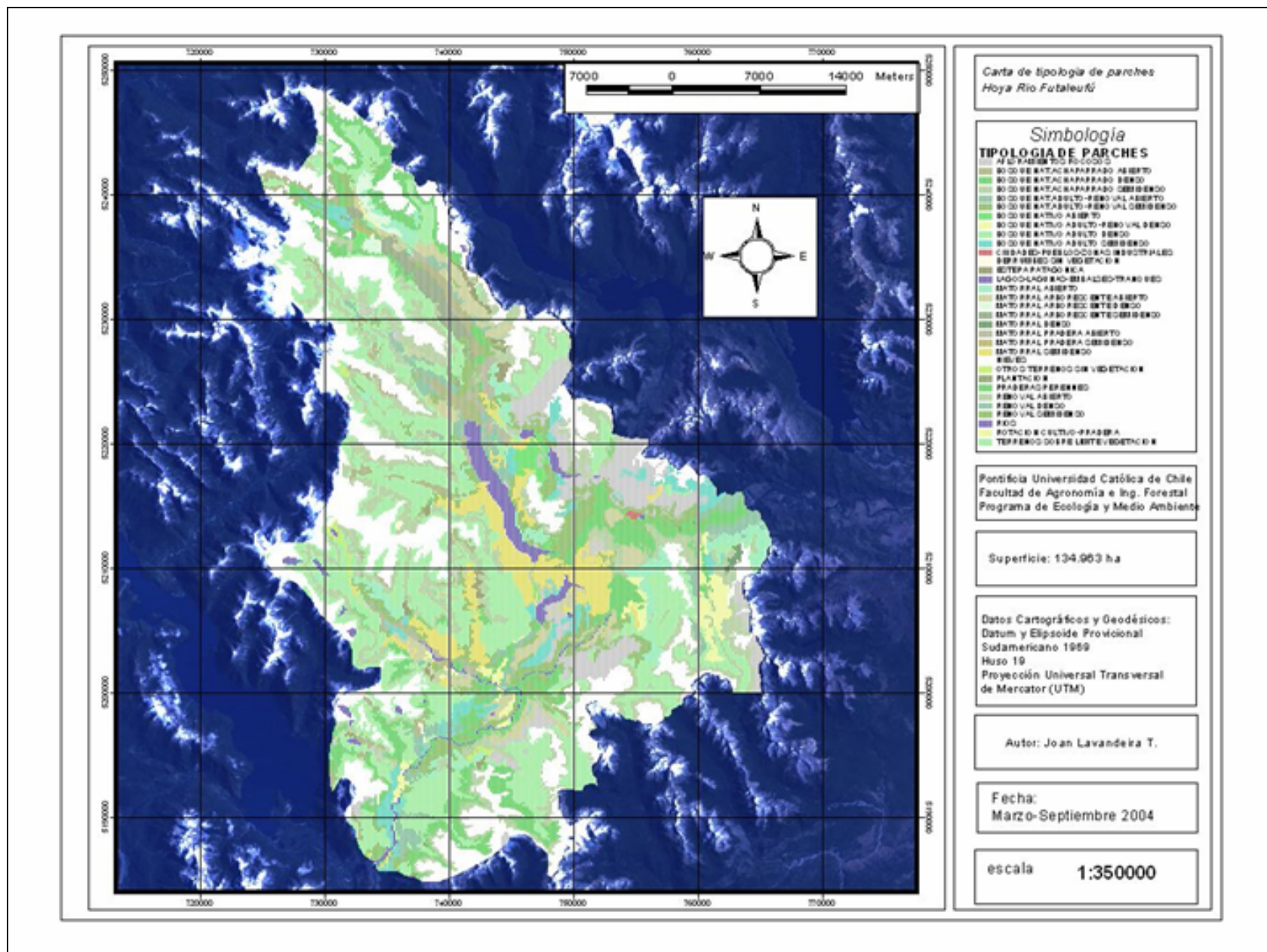


Figura 31: caracterización de tipología de parches en la hoya del Río Futaleufú

TIPOLOGIA DE PARCHES	ORIGEN	CA	PD	NUMP	MPS	MEDPS	PSCOV	PSSD
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	<i>perturbacion (natural)</i>	14809.60	0.015	33.00	216.05	33.73	217.42	469.75
BOSQUE NAT.ACHAPARRADO ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	3938.71	0.012	28.00	90.96	51.71	133.86	121.76
BOSQUE NAT.ACHAPARRADO DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	5827.83	0.010	22.00	298.90	142.56	141.01	421.49
BOSQUE NAT.ACHAPARRADO SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	17696.33	0.034	78.00	172.88	79.40	121.25	209.61
BOSQUE NAT.ADULTO-RENOVAL ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	710.62	0.003	6.00	83.60	63.47	57.77	48.30
BOSQUE NAT.ADULTO-RENOVAL SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	1179.74	0.004	9.00	131.08	56.64	107.30	140.65
BOSQUE NATIVO ABIERTO	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	813.86	0.002	4.00	203.47	48.25	114.35	232.67
BOSQUE NATIVO ADULTO-RENOVAL DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	2357.61	0.006	13.00	164.16	50.24	182.27	299.22
BOSQUE NATIVO ADULTO DENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	33315.72	0.029	65.00	355.16	82.80	182.24	647.24
BOSQUE NATIVO ADULTO SEMIDENSO	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	3927.17	0.012	27.00	140.92	97.20	97.14	136.89
CIUDADES-PUEBLOS-ZONAS INDUSTRIALES	<i>habitados</i>	60.66	0.000	1.00	60.66	60.66	0.00	0.00
DERRUMBES SIN VEGETACION	<i>perturbacion (natural)</i>	68.97	0.001	2.00	34.49	32.22	6.56	2.26
ESTEPA PATAGONICA	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	689.85	0.006	13.00	53.07	37.25	81.55	43.27
LAGOS-LAGUNAS-EMBALSES-TRANQUES	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	2351.32	0.009	20.00	117.57	23.60	259.53	305.12
MATORRAL ABIERTO	<i>antropico</i>	3913.34	0.011	24.00	146.49	46.13	142.21	208.32
MATORRAL ARBORESCENTE ABIERTO	<i>antropico</i>	5399.06	0.010	23.00	186.97	150.61	97.13	181.62
MATORRAL ARBORESCENTE DENSO	<i>antropico</i>	602.67	0.001	3.00	200.89	173.04	25.57	51.37
MATORRAL ARBORESCENTE SEMIDENSO	<i>antropico</i>	1406.42	0.002	5.00	281.28	46.77	161.62	454.60
MATORRAL DENSO	<i>antropico</i>	135.58	0.000	1.00	135.58	135.58	0.00	0.00
MATORRAL PRADERA ABIERTO	<i>antropico</i>	1460.05	0.004	10.00	130.19	59.99	89.57	116.61
MATORRAL PRADERA SEMIDENSO	<i>antropico</i>	63.99	0.001	2.00	57.39	50.79	11.50	6.60
MATORRAL SEMIDENSO	<i>antropico</i>	30893.31	0.007	16.00	350.93	85.61	232.29	815.16
NIEVES	<i>perturbacion (natural)</i>	50750.73	0.017	38.00	695.00	340.67	125.65	873.29
OTROS TERRENOS SIN VEGETACION	<i>antropico</i>	358.32	0.002	5.00	71.66	55.04	95.19	68.22
PLANTACION	<i>antropico</i>	21.06	0.001	2.00	10.53	9.41	10.58	1.11
PRADERAS PERENNES	<i>antropico</i>	9721.94	0.012	27.00	187.82	58.22	162.32	304.87
RENOVAL ABIERTO	<i>remanente (naturales, antropicos)</i>	2654.82	0.007	16.00	131.44	61.43	123.28	162.03
RENOVAL DENSO	<i>remanente (naturales, antropicos)</i>	3144.93	0.011	24.00	129.99	88.64	92.14	119.76
RENOVAL SEMIDENSO	<i>remanente (naturales, antropicos)</i>	11325.48	0.034	77.00	95.44	45.72	165.84	158.28
RIOS	<i>recursos ambientales (naturales, antropicos)</i>	692.74	0.000	1.00	494.25	494.25	0.00	0.00
ROTACION CULTIVO-PRADERA	<i>antropico</i>	51.48	0.000	1.00	51.48	51.48	0.00	0.00
TERRENOS SOBRE LIMITE VEGETACION	<i>perturbacion (natural)</i>	16077.18	0.013	29.00	295.36	88.21	168.26	486.98
<b>TOTAL</b>	<b>TLA</b>	<b>226421.07</b>	<b>0.276</b>	<b>626.00</b>				
<b>CA</b>	<i>sumatoria de todos los parches en funcion de las clases (ha)</i>							
<b>PD</b>	<i>densidad de parches % (numero/ha)</i>							
<b>TLA</b>	<i>sumatoria de todos los parches en un paisaje (ha)</i>							
<b>NUMP</b>	<i>numero de parches</i>							
<b>MPS</b>	<i>promedio de tipos parches (ha)</i>							
<b>MEDPS</b>	<i>mediana de tipos de parches (ha)</i>							
<b>PSCOV</b>	<i>coeficiente de variacion (PSS/MPS)</i>							
<b>PSSD</b>	<i>desviacion estandar (ha)</i>							
<b>ORIGEN</b>	<b>CA</b>	<b>NUMP</b>	<b>CA %</b>	<b>NUMP%</b>				
<i>perturbación (natural)</i>	81706,48	102,00	36,09	16,32				
<i>recursos ambientales (naturales, antrópicos)</i>	73501,48	286,00	32,46	45,76				
<i>antrópico</i>	54027,22	119,00	23,86	19,04				
<i>remanente (naturales, antrópicos)</i>	17125,23	117,00	7,56	18,72				
<i>habitados</i>	60,66	1,00	0,03	0,16				
<b>total</b>	<b>226421,07</b>	<b>625,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>				

## Parches Hoya Río Futaleufú

Figura 32: caracterización de tipología de parches en la hoya del Río Futaleufú

## VI. DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

### VI.1 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE PAISAJE

Para el estudio se consideró que las cuencas eran sistemas representativos de unidades de paisaje, diferenciables del entorno, considerando la información del IGM y del Ministerio de Bienes Nacionales, dividiendo la Hoya del Río Futaleufú en cuatro cuencas (Figura 20). En este contexto, la discusión se centra en los siguientes aspectos:

1. Tipología de parches y elementos estructurales y patrones del paisaje;
2. análisis de los flujos del paisaje;
3. relación entre flujos y, estructuras y patrones;
4. descripción de perturbaciones;
5. contexto dentro de una escala mayor (hoya hidrográfica);

#### VI.1.1 CUENCA RÍO BLANCO-RÍO AZUL

##### VI.1.1.2 TIPOLOGÍAS DE PARCHES

Las siguientes tipologías de parches se clasificaron para esta cuenca (Figura 23 y 24):

###### VI.1.1.2.1 PERTURBACIÓN NATURAL

Las perturbaciones naturales abarcan una superficie aproximada de 21220 ha, correspondiendo al 44 % de la superficie de esta cuenca. Estas se dividen en afloramientos rocosos, nieves y terrenos sobre el límite de vegetación. Se consideran como parches de perturbación ya que corresponden a áreas que poseen un régimen que no permite el desarrollo de vegetación, debido a las condiciones ambientales, como es el caso de nieve o de sustratos rocosos, en donde es posible encontrar individuos colonizadores como líquenes y herbáceas, como especies arbóreas. También se encuentran en zonas donde las características geomorfológicas impiden el establecimiento de la vegetación. Existen 26 parches de perturbaciones naturales con regimenes regulares:

- **afloramientos rocosos:** corresponden a 178 ha aproximadamente, distribuyéndose en 5 parches, principalmente en los límites de la cuenca y en zonas sobre el límite de vegetación con pendientes fuertes, en donde la erosión hace su efecto.
- **nieves:** tienen una extensión de 18830 ha aprox., distribuidas en 17 parches. El tamaño promedio de estos parches es de 1000 ha aprox. extendiéndose sobre el límite vegetacional, concentrando el recurso hídrico en forma de nieve y glaciares.
- **terrenos sobre el límite de vegetación:** estos 4 parches se presentan en una extensión de 2212 ha aprox., en áreas similares a las expuestas antes, y

corresponden a zonas en donde la nieve avanza y retrocede según la estación del año, impidiendo la estabilización de la vegetación arbórea principalmente

#### VI.1.1.2.2 RECURSOS AMBIENTALES

Los recursos naturales existentes en esta cuenca corresponden a parches con cobertura vegetal y a recursos hídricos principalmente. Se extienden en 19190 ha aprox. relacionados a bosque nativo, estepa patagónica y a cuerpos de agua como lagos y lagunas. Estos recursos han sido alterados por la presencia y actividades humanas, pero no se consideran como remanentes debido a que no se encuentran en estado renoval, en el caso de parches de bosque nativo. Estos parches corresponden a los principales recursos naturales de la cuenca y su manejo, protección y conservación deben ser considerados para futuras actividades de planificación. Existe un total de 76 parches de estas características relacionados a un 39.94 % de la superficie de esta cuenca.

- **bosque nativo achaparrado:** corresponden a zonas en donde los factores ambientales determinan que la vegetación se caracterice por presentarse en forma de individuos de baja altura y con el fuste deforme. Se encuentra distribuido en 44 parches en una superficie de 7920 ha, encontrándose en distintos estados:
  - **abierto** (2114 ha, 11 parches)
  - **semidenso** (4781 ha, 27 parches)
  - **denso** (2927 ha, 6 parches)
- **bosque nativo adulto:** estos parches tienen una extensión de 8240 ha, presentándose en 20 parches, lo que sería resultado de la fragmentación del paisaje en términos de la evidencia de la disminución de estos parches que probablemente son el estado clímax de la distribución de la vegetación de valle y laderas en donde las condiciones ambientales permitan la existencia de vegetación de bosque.
  - **abierto** (118 ha, 1 parche)
  - **semidenso** (348 ha, 1 parche)
  - **denso** (7773 ha, 18 parches)
- **bosque nativo adulto-renoval:** este recurso intervenido corresponde a 763 ha en 7 parches, producto de la acción modeladora del hombre, al explotar los recursos de los valles.
  - **abierto** (427 ha, 5 parches)
  - **semidenso** (335 ha, 2 parches)
- **estepa patagónica:** corresponde a zonas en donde las condiciones ambientales determinan las formaciones vegetacionales de estepa, en donde la densidad de la vegetación no es alta. Se distribuyen en 346 ha en 4 parches.
- **cuerpos de agua:** son considerados los lagos como recursos hídricos importantes en la zona para el establecimiento de asentamientos humanos, al proveer recursos relacionados a ecosistemas acuáticos para actividades como

pesca o deportes acuáticos. Corresponden a 18.64 ha, concentrados en dos cuerpos de agua como lagunas colgantes.

#### **VI.1.1.2.3 RECURSOS REMANENTES**

Corresponden a recursos provenientes del ecosistema natural, relacionados a actividades de extracción forestal, produciendo parches vegetacionales en estados de renoval, de unas 1768 ha (3.68 %) en 33 parches:

- **abierto** (33 ha, 1 parche)
- **semidenso** (1101 ha, 23 parches)
- **denso** (633 ha, 9 parches)

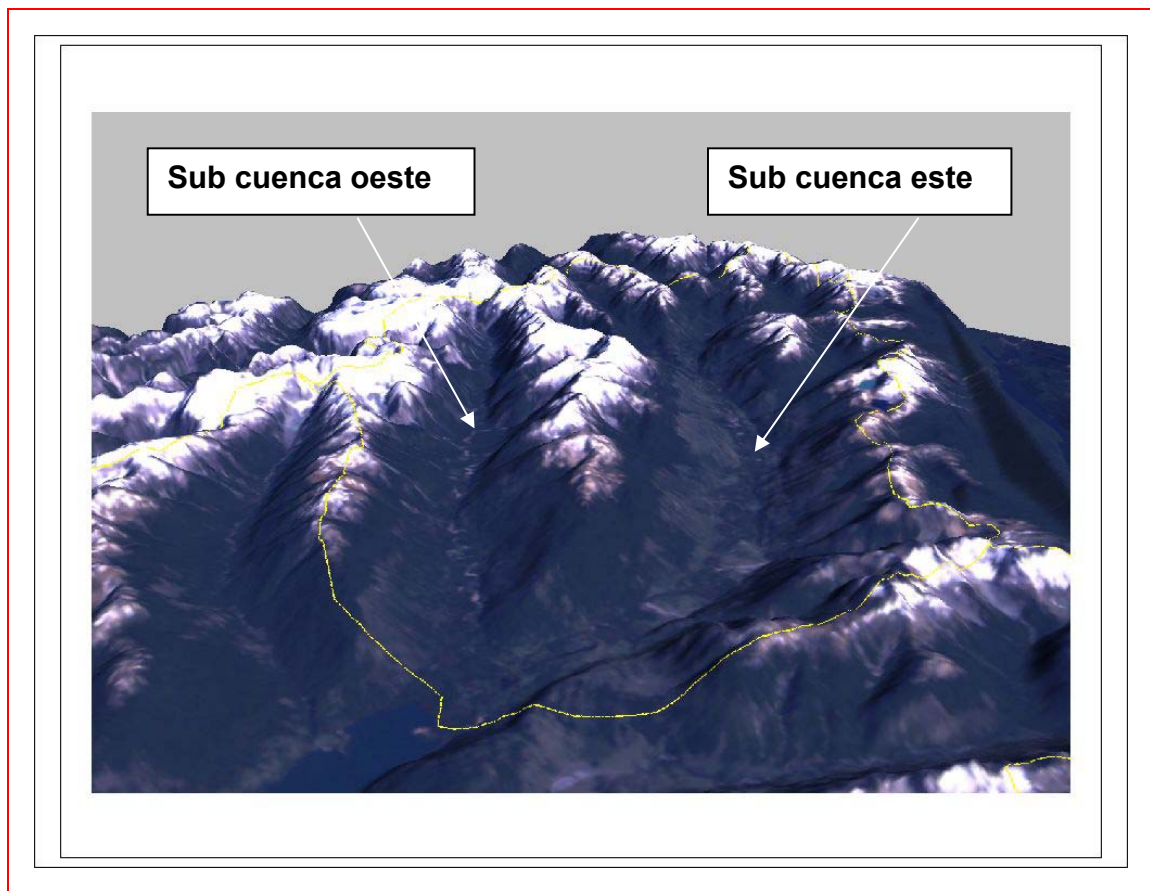
#### **VI.1.1.2.4 ORIGEN ANTROPICO**

Estos parches se caracterizan por la acción modeladora del hombre en el paisaje al sustituir la vegetación predominante por praderas para la ganadería, rotaciones de cultivo y del resultado de las actividades agrícolas que determinan la vegetación en forma de matorral arbóreo y matorral de pradera. Estos parches tienen una extensión de 5869 ha, correspondiendo al 12.2 % de la superficie de esta cuenca, en 40 parches de las siguientes tipologías:

- **matorral**
  - **abierto** (903 ha, 11 parches)
  - **semidenso** (442 ha, 3 parches)
- **matorral arborescente**
  - **abierto** (1604 ha, 7 parches)
  - **semidenso** (1406 ha, 5 parches)
  - **denso** (602 ha, 3 parches)
- **matorral pradera**
  - **abierto** (587 ha, 5 parches)
  - **semidenso** (63,99 ha, 1 parche)
- **praderas perennes** (207 ha, 4 parches)
- **rotación cultivo-pradera** (51,48 ha, 1 parche)

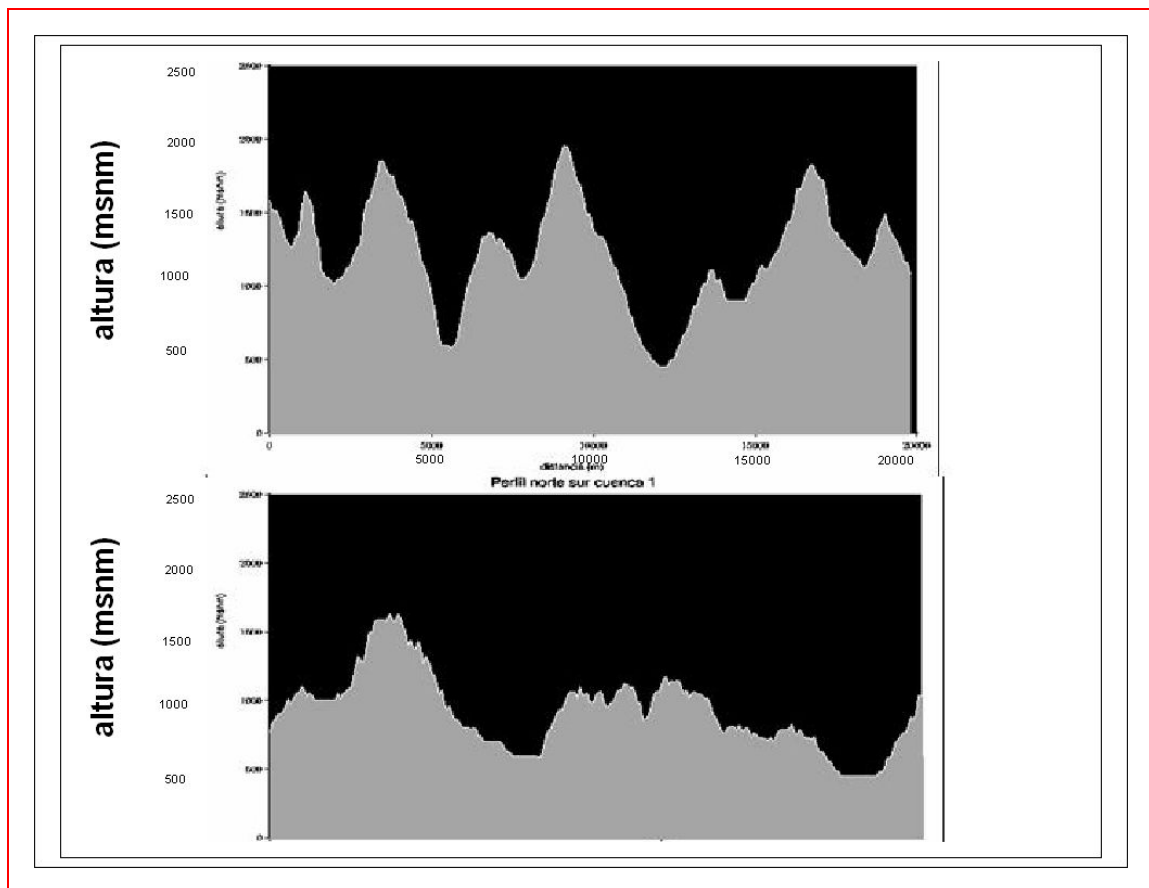
#### **VI.1.1.3 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ**

La cuenca se encuentra dividida en dos valles, uniéndose los cauces principales del río Espolón y el río Blanco, abasteciendo el Lago Espolón. Los patrones espaciales son similares en las dos cuencas, ya que poseen la misma estructura constitutiva, esto es, dos cuencas orientadas en dirección norte sur (Figura 33) que confluyen hacia un curso de agua de mayor orden.



**Figura 33 : Vista virtual cuenca Río Blanco-Río Azul**

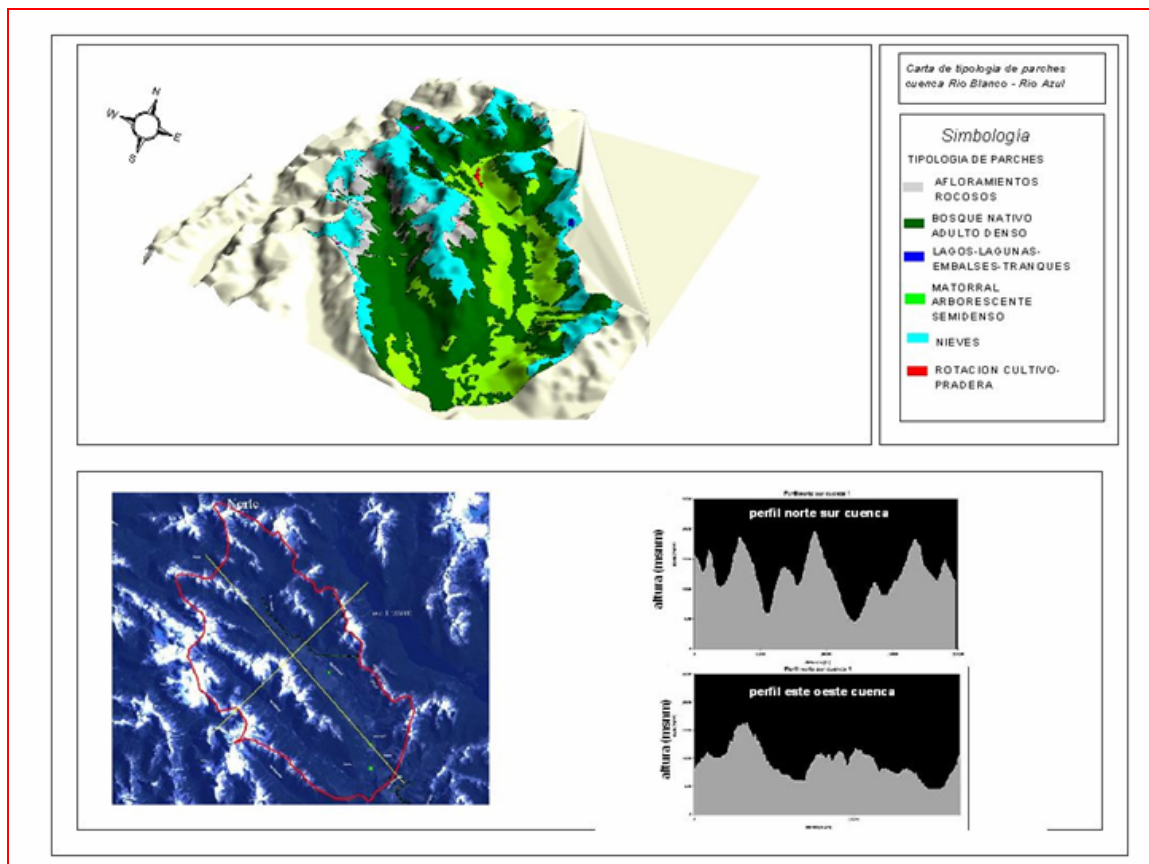
Los perfiles de esta cuenca muestran una topografía escarpada, con altas cumbres y fondos de valles, por donde se distribuyen las redes hídricas y las cajas de captación (Figura 34). Esto muestra el patrón geomorfológico de la cuenca, y en donde se visualiza la baja factibilidad de establecer actividades productivas o de alto impacto que no sean pertinentes a los valles escarpados. La baja capacidad de actividades consuntivas, relacionados a la extracción de recursos del ecosistema paisaje, permite actividades mas ligadas a recreación y a protección del recurso ambiental (no consuntivas), a favor de la estabilidad del paisaje.



**Figura 34: Perfiles cuenca Río Blanco-Río Azul**

Esta cuenca posee una matriz de bosque nativo en distintos estados, caracterizados por ser recursos ambientales, ocupando un 35.2% (16922 ha) de la superficie total (48048 ha). Esta compuesta de bosques nativos achaparrados, bosque nativo adulto y bosque nativo adulto-renoval, y se ubica principalmente en las zonas de pendientes y piedmont de los valles, en ambas laderas. Está conectada por los cursos de agua y los vientos predominantes. La matriz se encuentra mas interconectada por corredores de cursos de agua, que permiten los flujos en favor del desnivel, permitiendo que estos converjan en los cursos predominantes. Los parches de bosque nativo permiten la cosecha de agua en favor de las pendientes, regulando el ciclo hidrológico de la cuenca, favoreciendo los servicios ambientales existentes en el paisaje.

En cambio, los parches que evidencian influencia humana (matorral y cultivos) determinan la fragmentación actual presente la cuenca, al impedir los flujos provenientes de los deshielos y las fuentes de agua dulce, que existen en las zonas altas de la cuenca. Estos parches antrópicos son el resultado de la apertura de tierras para la ganadería y agricultura, concentrándose en el fondo del valle, en los lugares mas accesibles provenientes de los corredores antrópicos, como caminos, huellas y senderos.



**Figura 35: MDE y parches cuenca Río Blanco-Río Azul. Perfiles y su ubicación en la cuenca**

Los parches de renoval son los que se encuentran más accesibles, y muestran un estado de alteración humana producto de las alteraciones pasadas de extracción de madera y posiblemente de leña en la actualidad. La influencia humana corresponde a un 16 % de la superficie (12 % antrópico y 4 % remanente), por lo que la matriz de bosque nativo posee un mayor peso en la cuenca. Los procesos ecológicos de la cuenca son controlados por la matriz, debido a que su distribución espacial esta relacionada a los corredores hídricos que permiten el flujo a lo largo de la cuenca. Los parches de perturbación se relacionan a condiciones topográficas y climáticas que no permiten el establecimiento de la vegetación, como es el caso de afloramientos rocosos y parches sobre el límite de vegetación, relacionados a zonas de condiciones ambientales mas extremas.

El arreglo espacial de los parches se relaciona a la geoforma de la cuenca, en donde los parches menos alterados se encuentran en zonas inaccesibles (cumbres de montañas, laderas pronunciadas), existiendo una menor influencia humana (Figura 35). En cambio los parches mas alterados se distribuyen en zonas cercanas a corredores hídricos o de flujo y a zonas de pendiente plana y ondulada, en donde el acceso a estos es facilitado por las condiciones topográficas de la cuenca.



el proceso de fragmentación y conlleva a parches en donde disminuye la cobertura vegetal, provocando la entrada de especies exóticas o especies invasoras como *Chusquea sp.* Cuando el proceso es más extractivo, y se elimina la cobertura para el establecimiento de praderas, por ejemplo, la conectividad de la matriz se ve afectada, existiendo claros que impiden el flujo de fauna y vegetales (dispersión), interfiriendo en la red de la matriz. Si no existen rutas alternativas para estos movimientos o stepping stones (parches islas que conectan otros parches más extensos; ver figura 2), la fragmentación puede ser más significativa, produciéndose pérdida de hábitat para las especies establecidas producto de las sucesiones ecológicas originarias.

Otro flujo importante en la cuenca está relacionado a los movimientos de personas que recorren los valles buscando atractivos naturales (glaciares, vegetación, cuerpos de agua, etc.). En la comuna de Futaleufú se experimenta un aumento de visitantes que buscan recorrer los atractivos naturales, por lo que este tipo de flujo debe regularizarse, de acuerdo a las características ecológicas de la zona. Los senderos y huellas facilitan el movimiento de visitantes, pero en la actualidad no existe una red clara de senderos que aseguren la integridad del paisaje. Los cursos de agua pueden permitir el flujo de personas en ambas direcciones, correspondiendo a las únicas vías de acceso al interior de estos valles.

#### **VI.1.1.5 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO**

El flujo de elementos ocurre entre los parches que conforman la matriz, debido a que son parches que no se encuentran fragmentados. Estos parches facilitan el movimiento de energía, masa e información en la dirección de flujo de la cuenca. En cambio, los parches que fragmentan como matorrales y praderas son los que interrumpen el flujo de elementos dentro del ecosistema paisaje-cuenca. La localización de estos parches influye en las direcciones de flujo, y pueden determinar la tasa de velocidad de este.

#### **VI.1.1.6 FUERZAS DE CAMBIO**

Las perturbaciones que modelan el ecosistema paisaje se caracterizan por reiniciar el proceso de sistemogénesis (sucesiones del ecosistema que explican los distintos estados de los parches). Estos principalmente actúan en extensiones grandes, como el caso de incendios, o a pequeña escala, como es el caso de derrumbes. Estas perturbaciones permiten el cambio en el tiempo, evidenciando la dinámica de cambio en la estructura y flujos en el paisaje.

Para el diseño del paisaje se deben considerar estas variaciones de las condiciones ambientales y zonificando los usos en donde corresponda. Es esencial entender no solo los procesos que causan el cambio en el ecosistema,

sino que también cuan frecuente son o pueden ser, que efecto tiene y como el paisaje se recupera.

Para el caso de este estudio, los parches de perturbación se consideran como zonas en donde las condiciones ambientales climáticas cambian en una temporada, como es el caso de los afloramientos rocosos y las zonas sobre el límite de vegetación. Estas son producto de la variación de la nieve en las estaciones mas lluviosas como otoño e invierno y el retroceso de estas en las estaciones primavera-verano, generando las zonas sobre el límite de vegetación.

## **VI.1.2 CUENCA LAGO ESPOLÓN**

### **VI.1.2.1 TIPOLOGÍAS DE PARCHES**

Las siguientes tipologías de parches se clasificaron para esta cuenca (Figura 25 y 26).

#### **VI.1.2.1.1 PERTURBACIÓN NATURAL**

Las perturbaciones naturales abarcan una superficie aproximada de 28221 ha (37 % de 76541 ha). Existen 31 parches de perturbaciones naturales con regímenes regulares:

- **afloramientos rocosos:** corresponden a 6573 ha aproximadamente, distribuyéndose en 11 parches. Se localizan principalmente en la zona este de la cuenca en laderas de las montañas.
- **nieves:** tienen una extensión de 16822 ha aprox., distribuidas en 9 parches. El tamaño promedio es de 1869 ha aprox. extendiéndose sobre el límite vegetacional, concentrando el recurso hídrico en forma de nieve y glaciares.
- **terrenos sobre el límite de vegetación:** estos parches se presentan en una extensión de 4793 ha aprox.
- **parches derrumbes sin vegetación:** corresponden a zonas en dónde la cubierta vegetacional se elimina por un deslizamiento de tierra, reiniciándose el proceso de sucesión primaria. También se produce al eliminar la cobertura vegetacional (por causa de un incendio, por ejemplo, permitiendo el deslizamiento de suelo, por efecto de precipitaciones. Corresponden a un parche de 32 ha ubicado cerca del límite vegetacional.

#### **VI.1.2.1.2 RECURSOS AMBIENTALES**

Se extienden en 18928 ha aprox. correspondiendo al 25 % de la superficie de la cuenca. Existe un total de 51 parches de estas características relacionados a:

- **bosque nativo achaparrado:** se encuentra distribuido en 22 parches en una superficie de 6357 ha, encontrándose en distintos estados:
  - abierto (1204 ha, 7 parches)
  - semidenso (5152 ha, 15 parches)
- **bosque nativo adulto:** la extensión es de 10702 ha, presentándose en 22 parches:
  - abierto (651 ha, 2 parches)
  - semidenso (701 ha, 7 parches)
  - denso (9349 ha, 13 parches)
- **estepa patagónica:** se distribuyen en 38 ha en 1 parche en la zona oeste de la cuenca en altura.
- **cuerpos de agua:** Corresponden a 1652 ha, concentrados en dos cuerpos de agua. El más importante es el Lago Espolón, con una superficie de 1415 ha y al Lago del Noreste con 138 ha aprox.

#### VI.1.2.1.3 RECURSOS REMANENTES

Los parches vegetacionales en estados de renoval tienen una superficie de 4781 ha (6.25 % de la superficie total) en 31 parches:

- **abierto** (810 ha, 5 parches)
- **semidenso** (3527 ha, 22 parches)
- **denso** (443 ha, 4 parches)

#### VI.1.2.1.4 ORIGEN ANTRÓPICO

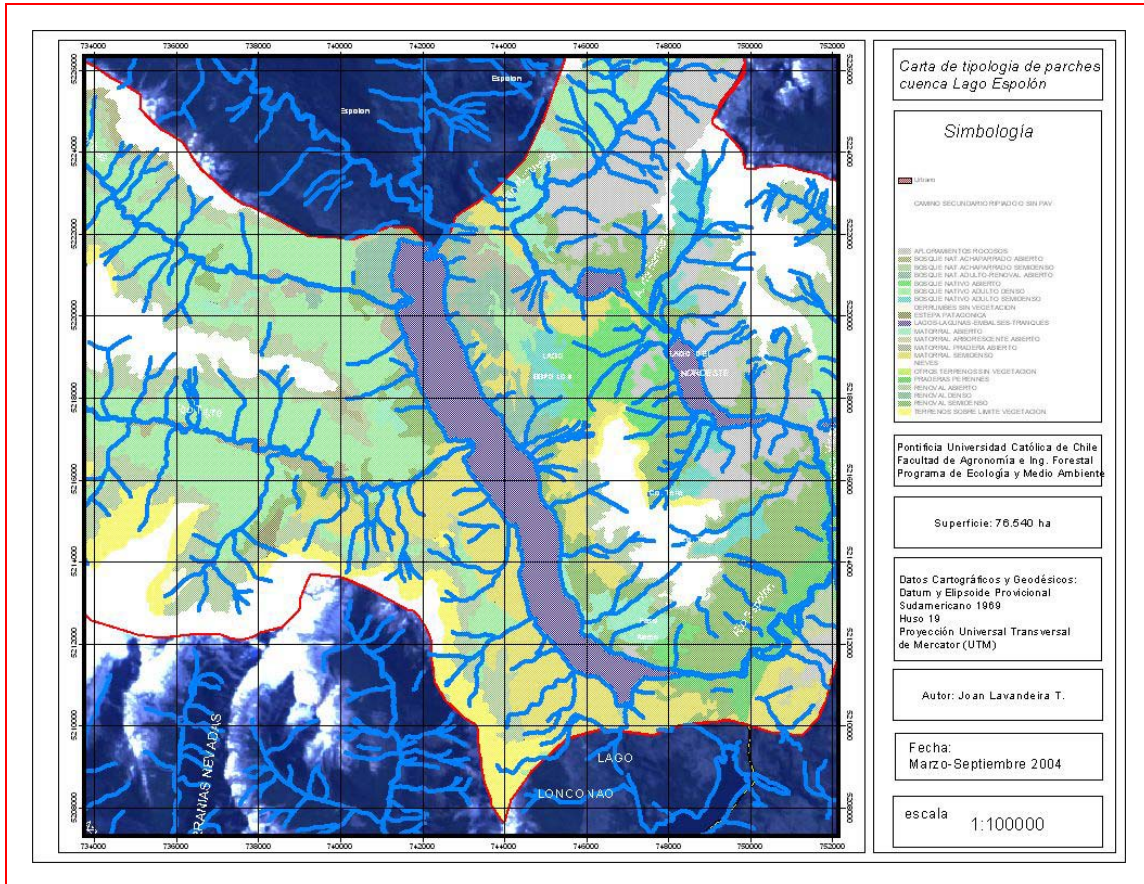
Estos parches tienen una extensión de 24610 ha, correspondiendo al 32 % de la superficie de esta cuenca, en 28 parches de las siguientes tipologías:

- **matorral**
  - **abierto** (782 ha, 6 parches)
  - **semidenso** (21432 ha, 10 parches)
- **matorral arborescente**
  - **abierto** (499 ha, 3 parches)
- **matorral pradera**
  - **abierto** (483 ha, 5 parches)
- **praderas perennes** (1358 ha, 3 parches)

#### VI.1.2.2 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ

Esta cuenca posee una matriz recursos ambientales, ocupando un 25% de la superficie total (76540 ha). Esta matriz esta compuesta de bosque nativo (17059

ha, 22%) y de cuerpos de agua (1652 ha). Esta conectada por la red hidrográfica que permite el almacenamiento del recurso hídrico en el Lago Espolón (1415 ha). El lago Espolón converge en el río Espolón que es el que colecta las aguas del lago del Noroeste y de los otros cuerpos de agua (Figura 37).

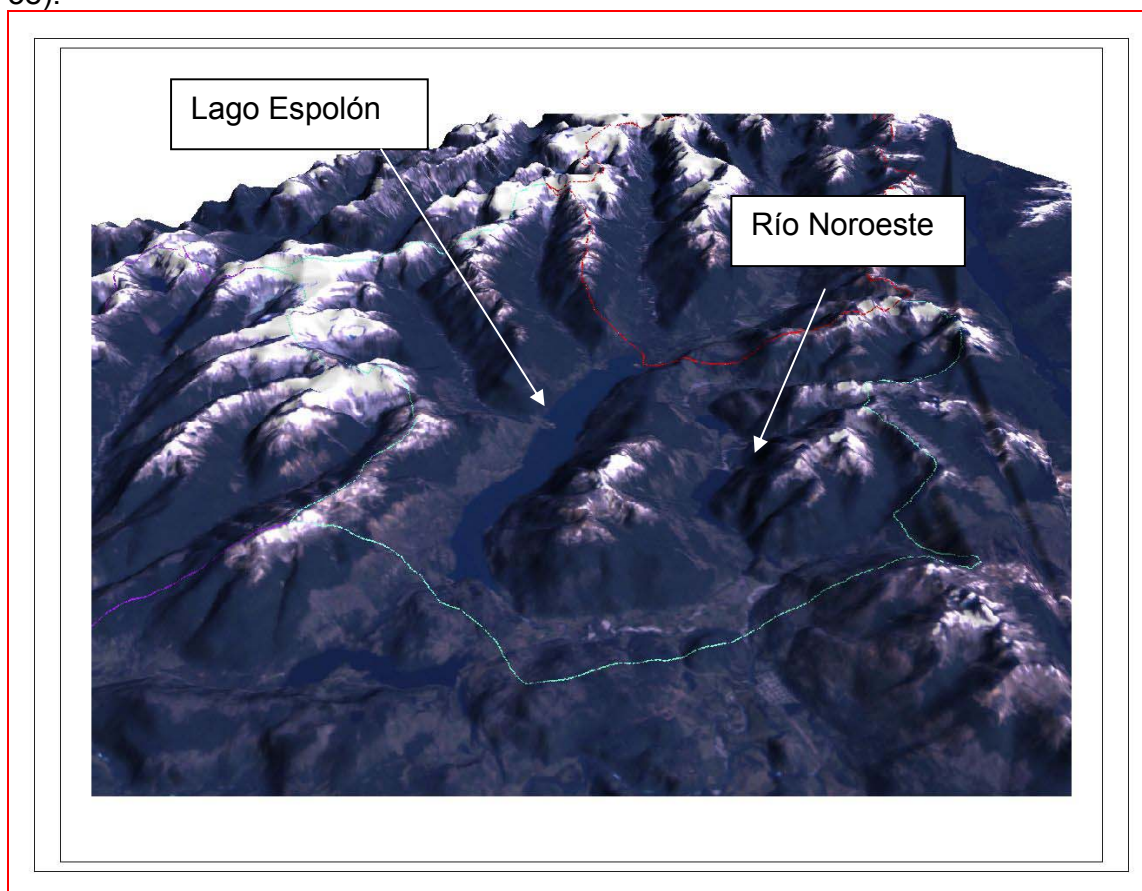


**Figura 37: Caracterización de captación de aguas en la cuenca del Lago Espolón**

Existe una importante superficie de parches antrópicos en las zonas más accesibles del valle, destacándose la existencia de 21432 ha de matorral semidenso y 1358 ha de praderas perennes, producto de actividades ganaderas pasadas. Estos parches no corresponden a la matriz del paisaje debido a que no se encuentran conectados, ni dispersos con toda la cuenca, pero existe una tendencia a la fragmentación del paisaje, debido al avance del hombre por los valles, que puede llegar a transformarse en una mayor eliminación de los ecosistemas naturales. Además se encuentran cercanos a la zona urbana de la comuna, lo que explicaría el efecto antrópico de la degradación ambiental expresado en parches de matorral en general.

Esta cuenca posee un importante cuerpo de agua que es el Lago Espolón, que es abastecida por la cuenca del río Blanco y río Azul, ya que se encuentra más al sur que esta última. Además el Lago Espolón se encuentra abastecido por la

estructura de captación, esto es de los valles y laderas que la conforman (Figura 38).



**Figura 38 : Vista virtual cuenca del Lago Espolón**

Los perfiles muestran la existencia de dos valles, una que contiene al cuerpo de agua del Lago Espolón y la otra que constituye al valle del río Noroeste (Figura 39). Este paisaje se encuentra mas afectado por el impacto humano debido a que la existencia del hito geográfico del Lago atrae numerosos visitantes para la práctica de deportes acuáticos. Además este Lago permitió en el pasado una extracción de recursos provenientes de las laderas inmediatas a éste, explicando la existencia de parches mas expuestos a la influencia humana como matorrales y renovales. La influencia humana corresponde a un 39 % de la superficie (32 % antrópico y 6.25 % remanente), por lo que la matriz de recursos naturales se ha fragmentado en una gran superficie. A pesar de esto, la existencia de parches más inaccesibles explica la existencia de parches sin alteración, que corresponden a las zonas de altas cumbres y en general a parches de perturbación.

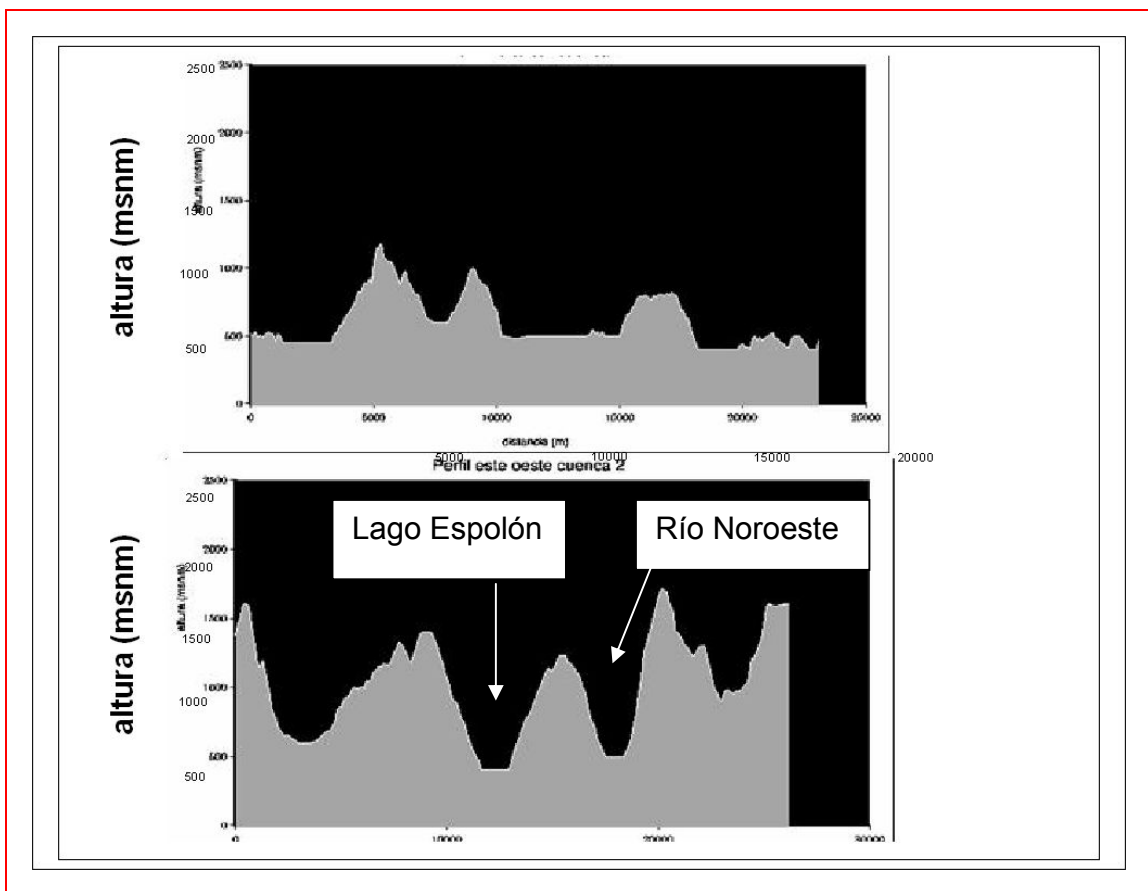


Figura 39: Perfiles cuenca del Lago Espolón



#### VI.1.2.4 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO

La geomorfología de esta cuenca centraliza las funciones en el Lago Espolón, comportándose como la fuente de captación de numerosos flujos provenientes de las laderas. Los patrones de localización de parches se relacionan con que el bosque nativo ha sido fragmentado y se localiza principalmente en las laderas, mientras que los parches de origen antrópicos se localizan en zonas más accesibles, cercanas al cuerpo de agua donde se concentran las actividades culturales de la cuenca (Figura 41). Esta cuenca es subsidiada por el río Espolón y el río del Noroeste, drenando hacia la cuenca del río grande de Futaleufú.

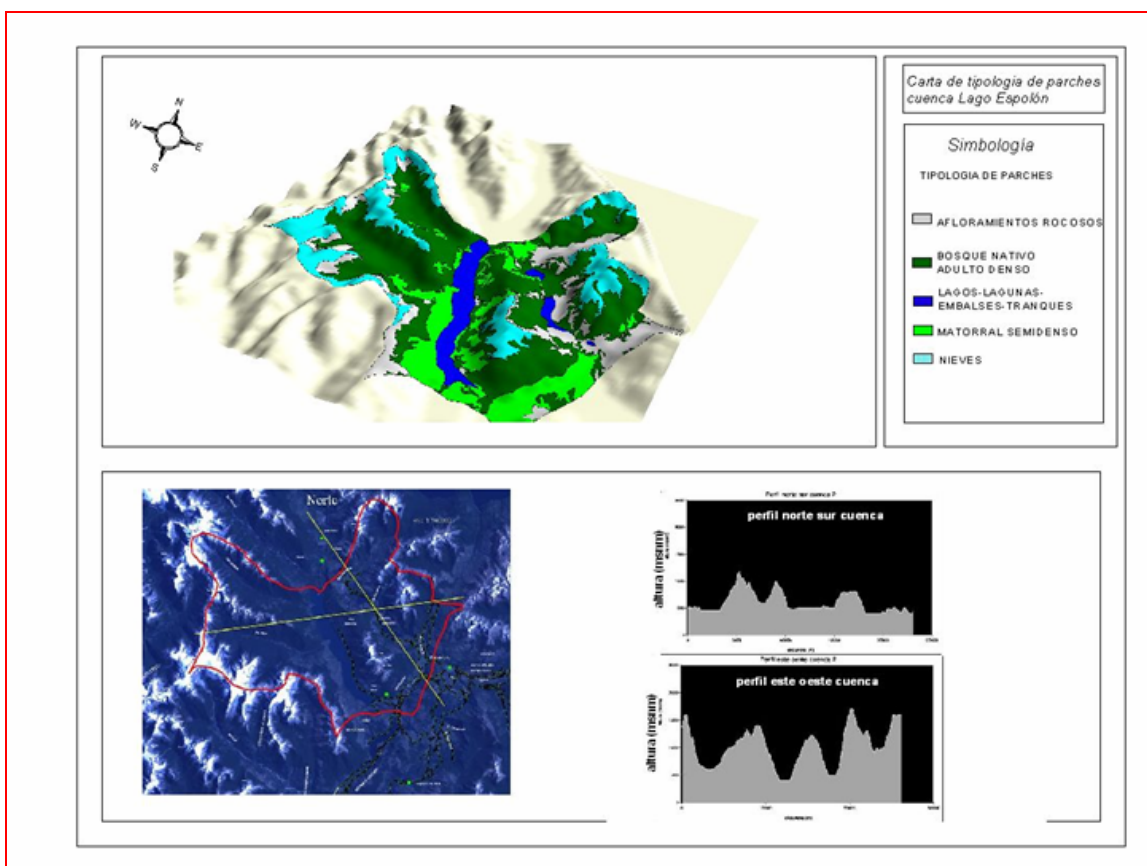


Figura 41: MDE y parches cuenca del Lago Espolón. Perfiles y su ubicación en la cuenca

#### VI.1.2.5 FUERZAS DE CAMBIO

En este caso, los parches de perturbación se concentran en zonas montañosas, pendientes fuertes y en un parche de derrumbe ubicado altura. Otra fuerza de cambio podría haber originado los parches de matorral, como es el caso de incendios para sustituir la cobertura de bosque permitiendo el establecimiento de

praderas, o del efecto de actividades ganaderas, que describirían una evolución de los parches originarios de bosque a praderas por quemas y que posteriormente la degradación del recurso suelo muestre especies indicadoras de matorral.

### VI.1.3 CUENCA RÍO AZUL

#### VI.1.3.1 TIPOLOGÍAS DE PARCHES

Las siguientes tipologías de parches se clasificaron para esta cuenca (Figura 27 y 28).

##### VI.1.3.1.1 PERTURBACIÓN NATURAL

Las perturbaciones naturales cubren una superficie aproximada de 13657 ha (33 % de 41115 ha). Se encontraron 41 parches de perturbaciones naturales detallándose a continuación:

- **afloramientos rocosos:** corresponden a 674 ha aproximadamente, distribuidos en 10 parches. Se localizan principalmente en laderas de las montañas.
- **nieves:** tienen una extensión de 8313 ha aprox., en 11 parches. El tamaño promedio es de 755 ha aprox. extendiéndose sobre el límite vegetacional, almacenando el recurso hídrico en forma de nieve y glaciares.
- **terrenos sobre el límite de vegetación:** se presentan en una extensión de 4632 ha aprox. en 19 parches.
- **parches de derrumbes sin vegetación:** corresponden a un parche de 37 ha.

##### VI.1.3.1.2 RECURSOS AMBIENTALES

Se extienden en 19766 ha aprox. correspondiendo al 48 % de la superficie de la cuenca. Existe un total de 136 parches relacionados a:

- **bosque nativo achaparrado:** se encuentra distribuido en 54 parches en una superficie de 8060 ha, encontrándose en distintos estados:
  - **abierto** (620 ha, 13 parches)
  - **semidenso** (3800 ha, 24 parches)
  - **denso** (3639 ha, 17 parches)
- **bosque nativo adulto:** la extensión es de 9566 ha, presentándose en 45 parches:
  - **semidenso** (1281 ha, 11 parches)
  - **denso** (8285 ha, 34 parches)
- **bosque nativo adulto-renoval:** este recurso corresponde a 1122 ha en 16 parches:

- **abierto** (43 ha, 1 parche)
  - **semidenso** (594 ha, 4 parches)
  - **denso** (485 ha, 11 parches)
- **estepa patagónica**: corresponden a 307 ha en 8 parches.
- **cuerpos de agua**: corresponden a 352 ha, concentrados en 11 cuerpos de agua. Estos se ubican principalmente colgados de la cordillera, drenando hacia el río Azul.
- **ríos**: se consideran como recursos ambientales ya que son los que proveen de actividades turísticas a la zona en forma de deportes extremos como kayak o rafting, siendo el principal atractor de turistas extranjeros en las temporadas estivales. Corresponden a 358 ha, en dos parches, con una longitud aproximada de 46 km. el río Grande de Futaleufú, en donde se desarrollan estos deportes en esta cuenca.

#### **VI.1.3.1.3 RECURSOS REMANENTES**

Los parches vegetacionales en estados de renoval tienen una superficie de 2807 ha (6.85 % de la superficie total) en 36 parches:

- **abierto** (543 ha, 6 parches)
- **semidenso** (1386 ha, 24 parches)
- **denso** (877 ha, 6 parches)

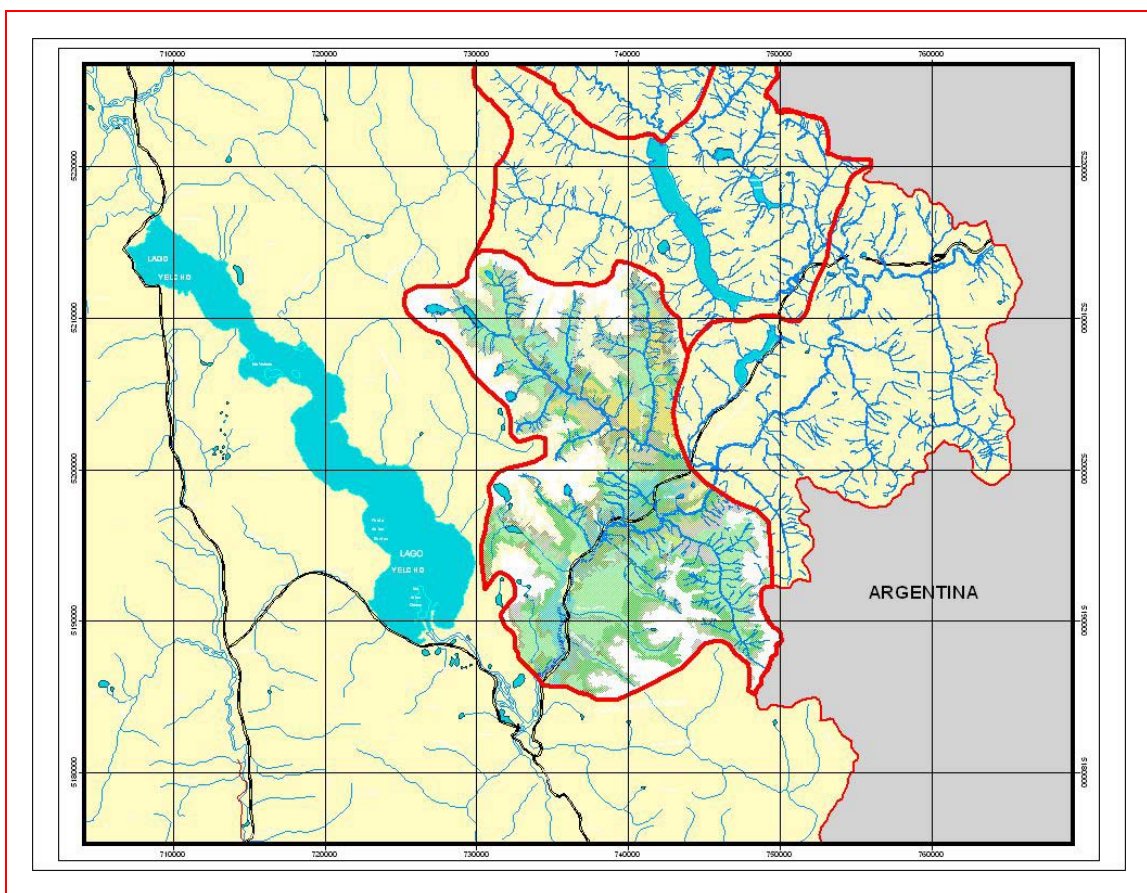
#### **VI.1.3.1.4 ORIGEN ANTROPICO**

Estos parches tienen una extensión de 4884 ha, correspondiendo al 12 % de la superficie total, en 42 parches de las siguientes tipologías:

- **matorral**
  - **abierto** (741 ha, 7 parches)
  - **semidenso** (1373 ha, 9 parches)
- **matorral arborescente**
  - **abierto** (999 ha, 8 parches)
- **matorral pradera**
  - **abierto** (389 ha, 1 parche)
  - **semidenso** (51 ha, 1 parche)
- **praderas perennes** (1028 ha, 12 parches)

### VI.1.3.2 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ

En esta cuenca es relevante la matriz de recursos ambientales, ocupando un 48% de la superficie total (41115 ha). Esta matriz esta compuesta de bosque nativo (45%) y de cuerpos de agua y recursos hídricos (710 ha). Se encuentra en la red hidrográfica proveniente del río Grande de Futaleufú y del río Azul, colectando las aguas hacia el Lago Yelcho (Figura 42). Esta cuenca posee una importante relación con el Lago Yelcho, lo que implica la pertenencia del paisaje a la Hoya de orden mayor. Esto determina la exigencia de objetivos de planificación y conservación, relacionados a nivel provincial, del manejo de aguas y de protección de los recursos territoriales.

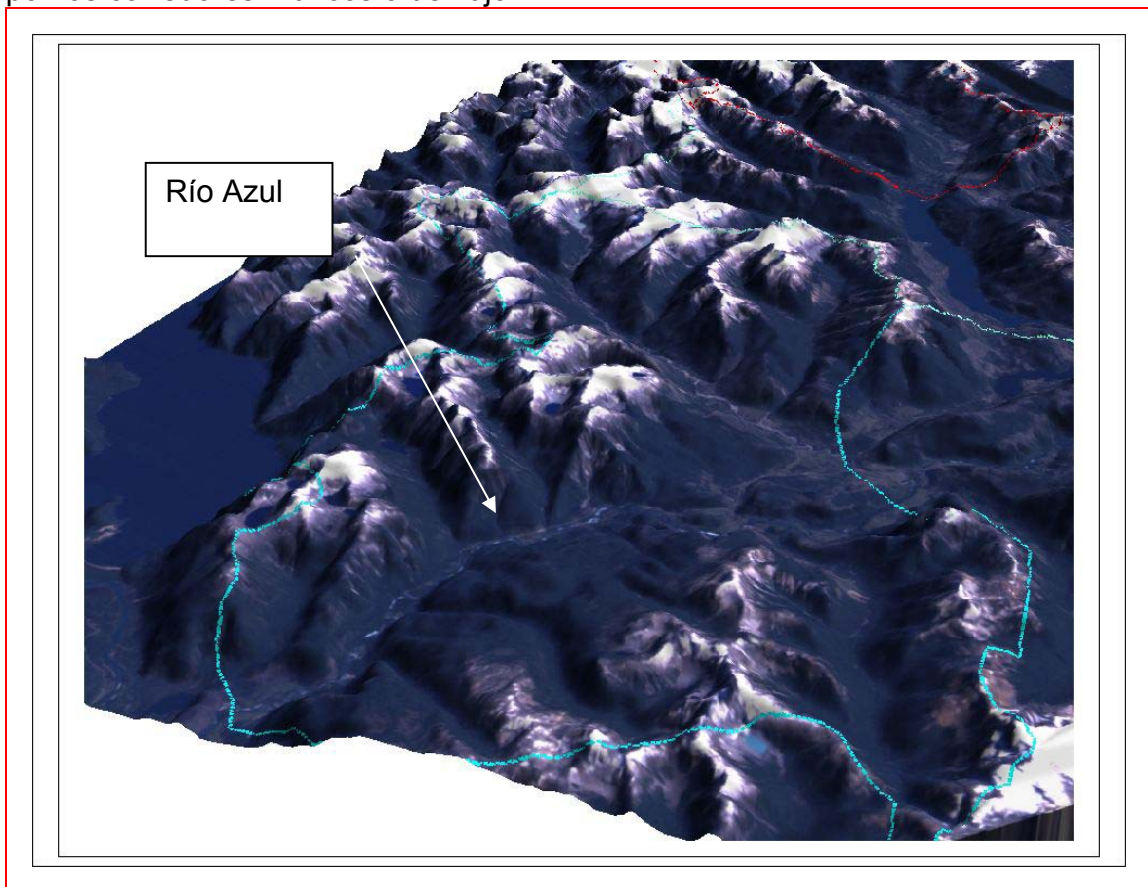


**Figura 42: Caracterización de captación de aguas en la cuenca del río Azul**

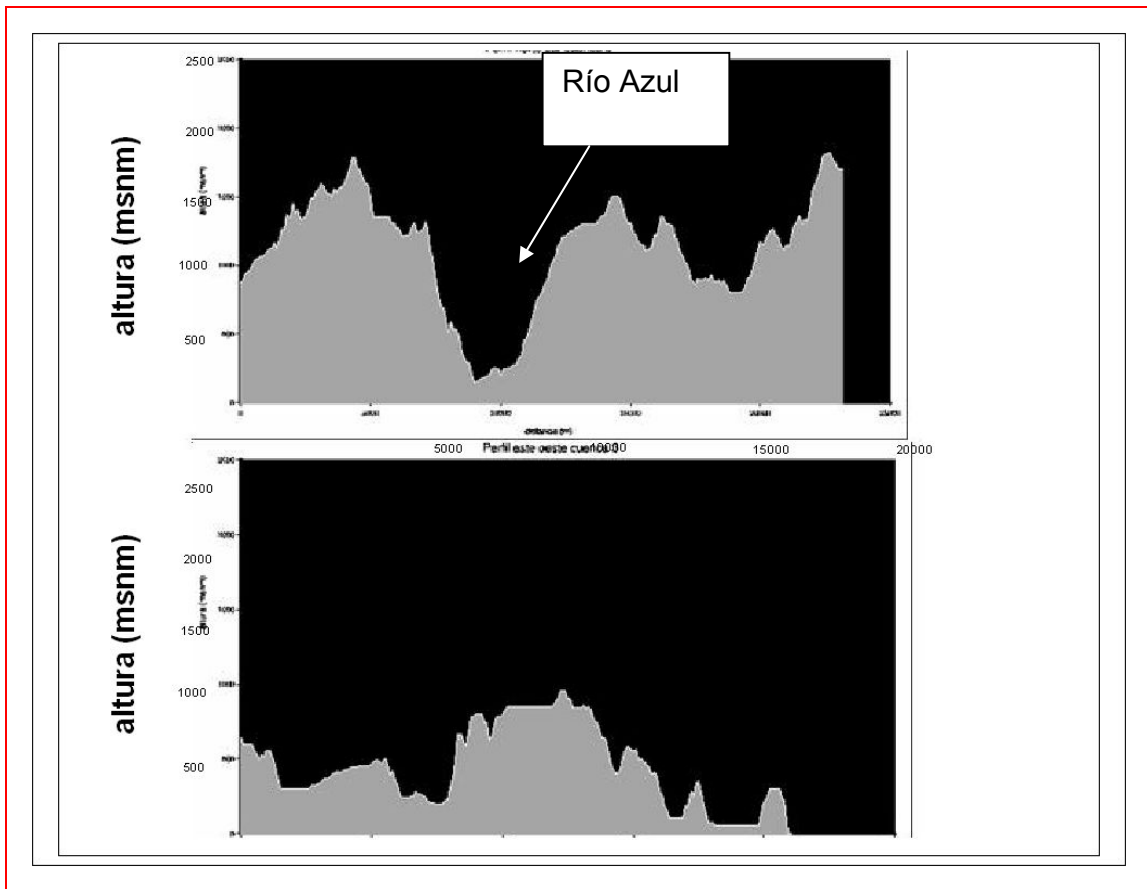
La distribución de los recursos ambientales se concentra principalmente en laderas y terrenos con baja accesibilidad a pesar de encontrarse la ruta 231, camino no pavimentado que llega a la ciudad de Futaleufú. En las zonas aledañas al camino se distribuyen renovales y zonas con clara alteración humana, debido al impacto propio del camino como corredor antrópico, permitiendo la extracción de recursos. Además se encuentran parches de matorral, aunque estos se concentran en la zona norte de esta cuenca cercanos a río Azul, que también

actúa como corredor antrópico. Los parches de origen antrópico se distribuyen en zonas accesibles o en dónde es factible las practicas culturales, como agricultura o ganadería.

La vista virtual (Figura 43) muestra la geoforma de esta cuenca, que determina la existencia de los patrones ya característicos de este paisaje, esto es, la presencia de grandes parches de perturbaciones (nieves, altas cumbres, afloramientos rocosos) concentrados en las zonas mas altas y escarpadas de los valles, y la existencia de parches mas alterados en las zonas mas accesibles, determinados por los corredores hídricos o de flujo.



**Figura 43: Vista virtual cuenca del río Azul**



**Figura44 : Perfiles cuenca del río Azul**

La topografía permite solo el establecimiento de actividades humanas en zonas planas u onduladas, relacionadas a los fondos de los valles, por lo que la concentración de los recursos ambientales queda determinada a los sectores montañosos, en dónde se observa la mayor concentración de éstos (Figura 44).

Existe una gran cantidad de parches relacionados a zonas de perturbaciones regulares, como nieves, afloramientos rocosos y derrumbes, encontrándose patrones de distribución en zonas montañosas, desde el límite de vegetación hacia mayores alturas.



#### VI.1.3.4 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO

La geomorfología de esta cuenca permite el establecimiento de actividades humanas en zonas donde es factible, como fondos de valles y zonas planas (Figura 46). Por esto, se concentran los recursos ambientales en zonas montañosas, donde la extracción de recursos se hace más compleja. Los flujos son más acentuados debido a la proximidad al corredor antrópico que es la ruta 231, permitiendo el movimiento de recursos hacia otros ecosistemas, como es el caso de la ciudad de Futaleufú o dentro de la provincia. La fragmentación de la matriz de bosque, que ya es alta (136 parches), que se acentúa con la existencia de corredores que permiten el movimiento de materia, energía e información durante toda la temporada, lo que afecta la calidad de los recursos ambientales, al existir una extracción facilitada.

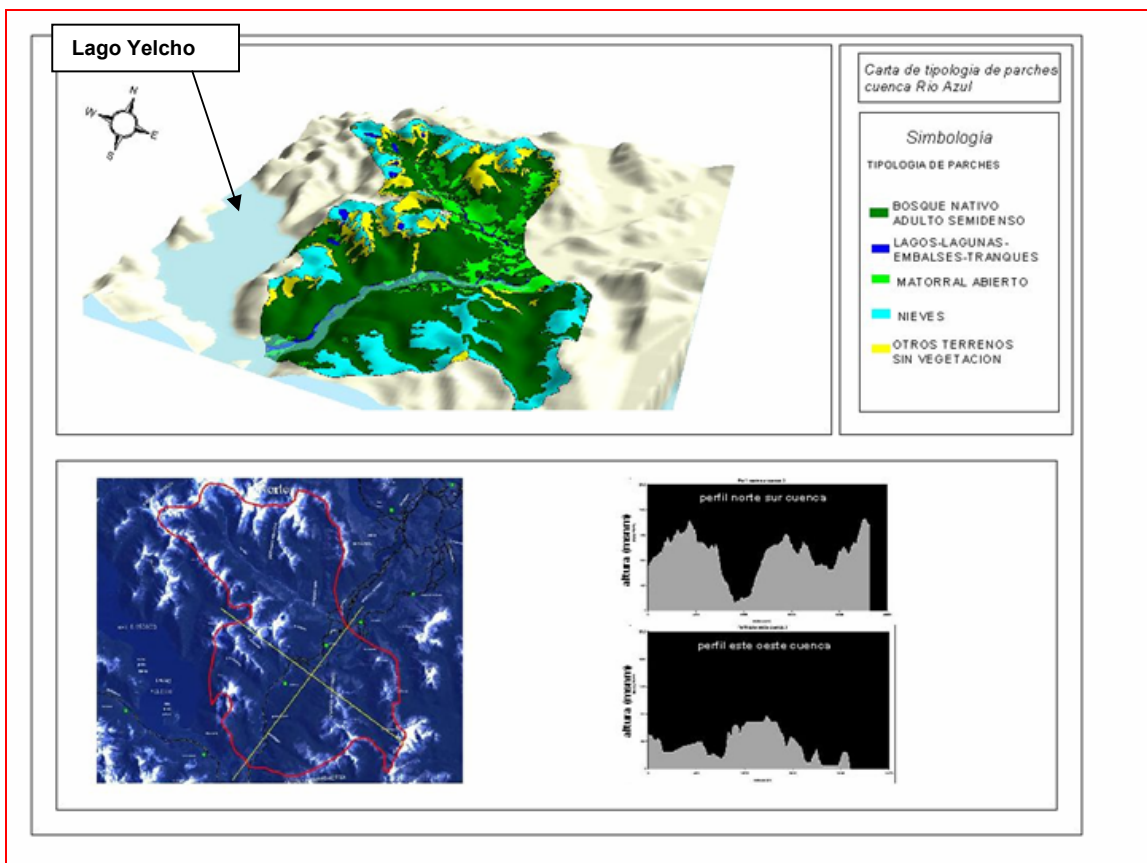


Figura 46: MDE y parches cuenca del río Azul. Perfiles y su ubicación en la cuenca

#### VI.1.3.5 FUERZAS DE CAMBIO

Los parches de perturbación se distribuyen por toda la cuenca, principalmente en las zonas montañosas, lo que incide en los patrones de uso y el impacto. Los

parches de perturbación pueden llegar a dispersarse al disminuir la calidad de los parches de recursos ambientales, ya que al ubicarse sobre éstos, pueden fácilmente diseminar la perturbación, como es el caso de afloramientos rocosos ubicados sobre bosque nativo, que pueden llegar a afectar estos parches con derrumbes. Además la dispersión del fuego puede facilitarse al existir parches adyacentes que diseminan o contagian los parches aledaños, provocando una extensión de zonas con perturbaciones.

## VI.1.4 CUENCA RÍO FUTALEUFÚ

### VI.1.4.1 TIPOLOGÍAS DE PARCHES

Las siguientes tipologías de parches se clasificaron para esta cuenca (Figura 29 y 30).

#### VI.1.4.1.1 PERTURBACIÓN NATURAL

Las perturbaciones naturales se extienden en una superficie aproximada de 18607 ha (30 % de 61580 ha). Existen 29 parches de perturbaciones naturales con regímenes regulares:

- **afloramientos rocosos:** corresponden a 7383 ha aproximadamente, distribuyéndose en 12 parches. Se localizan principalmente en las zonas de mayor altura de la cuenca en laderas de las montañas.
- **nieves:** tienen una extensión de 6785 ha aprox., distribuidas en 14 parches. concentrando el recurso hídrico en forma de nieve y glaciares.
- **terrenos sobre el límite de vegetación:** se presentan en una extensión de 4439 ha aprox.

#### VI.1.4.1.2 RECURSOS AMBIENTALES

Se extienden en 16431 ha aprox. con un total de 63 parches de estas características relacionados a un 39.94 % de la superficie de esta cuenca.

- **bosque nativo achaparrado:** corresponden a 4035 ha en 24 parches:
  - **semidenso** (3961 ha, 23 parches)
  - **denso** (75 ha, 1 parche)
- **bosque nativo adulto:**
  - **abierto** (44 ha, 1 parche)
  - **denso** (7907 ha, 10 parches)
  - **semidenso** (1595 ha, 11 parches)
- **bosque nativo adulto-renoval:** la extensión es de 2186 ha, presentándose en 12 parches:
  - **abierto** (63 ha, 1 parche)
  - **semidenso** (250 ha, 3 parches)

- **denso** (1873 ha, 8 parches)
- **cuerpos de agua:** se extienden en 327 ha, concentrados en 4 cuerpos de agua. Estos se ubican principalmente en zonas de acumulación en el fondo del valle, destacándose el Lago Lonconao (291 ha).
- **ríos:** corresponden a 334 ha, en un parche, el río Grande de Futaleufú, con gran actividad recreacional.

#### VI.1.4.1.3 RECURSOS REMANENTES

Los parches vegetacionales en estados de renoval tienen una superficie de 7768 ha (12 % de la superficie total) en 35 parches:

- **abierto** (1267 ha, 6 parches)
- **semidenso** (5310 ha, 23 parches)
- **denso** (1190 ha, 6 parches)

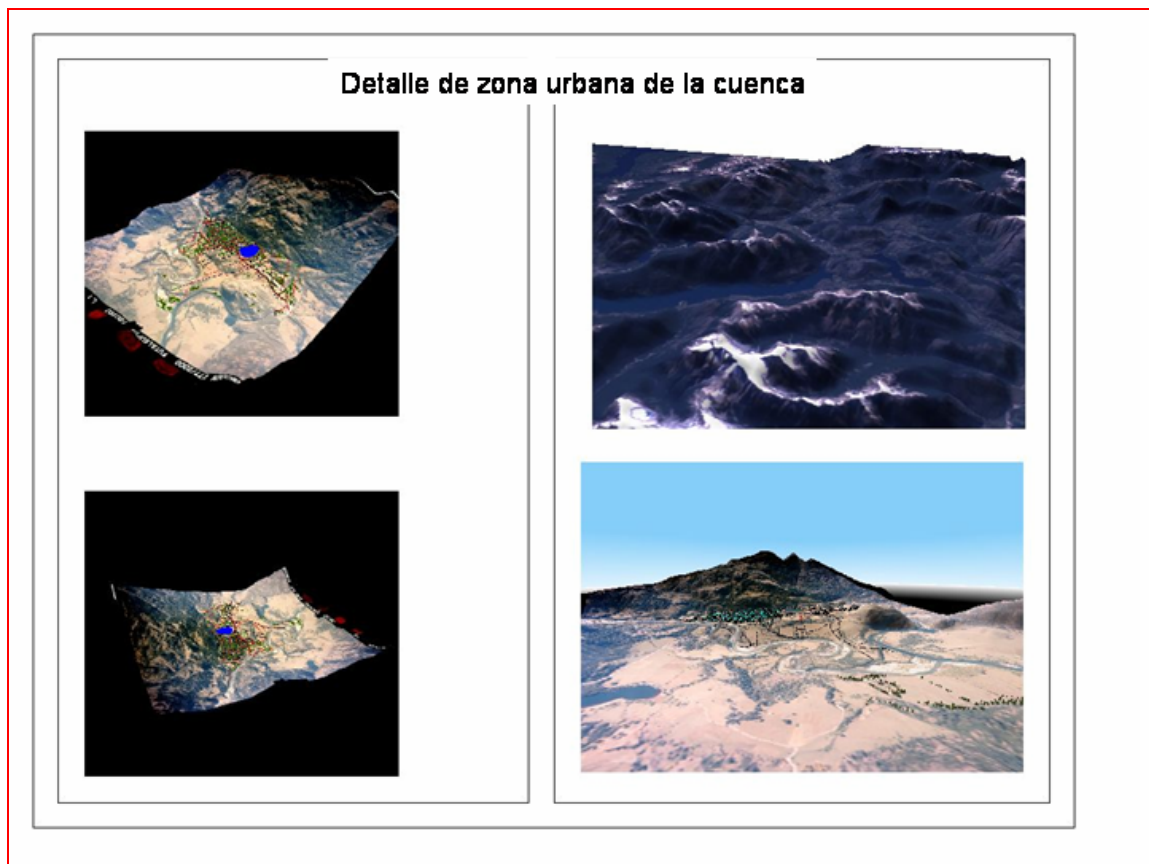
#### VI.1.4.1.4 ORIGEN ANTRÓPICO

Estos parches tienen una extensión de 18712 ha, correspondiendo al 30 % de la superficie total, en 39 parches de las siguientes tipologías:

- **matorral**
  - **abierto** (1487 ha, 2 parches)
  - **semidenso** (7645 ha, 6 parches)
  - **denso** (135 ha, 1 parche)
- **matorral arborescente**
  - **abierto** (2296 ha, 12 parches)
- **praderas perennes** (7128 ha, 6 parches)
- **plantaciones:** se encuentran cercanos al centro urbano, con una extensión de 21 ha, en dos parches, relacionados a la accesibilidad que genera la ruta 231.

#### VI.1.4.1.5 HABITADOS

Esta cuenca es la única que posee un parche en donde se concentra la población de la comuna, existiendo en las otras cuencas asentamientos rurales no inventariados por el catastro del bosque nativo. Este parche posee una superficie de 61 ha, y corresponde a la zona en donde convergen las actividades económicas, como turismo y comercio, y en donde se sitúa el municipio comunal y se encuentra emplazado en la zona plana del valle (figura 47).

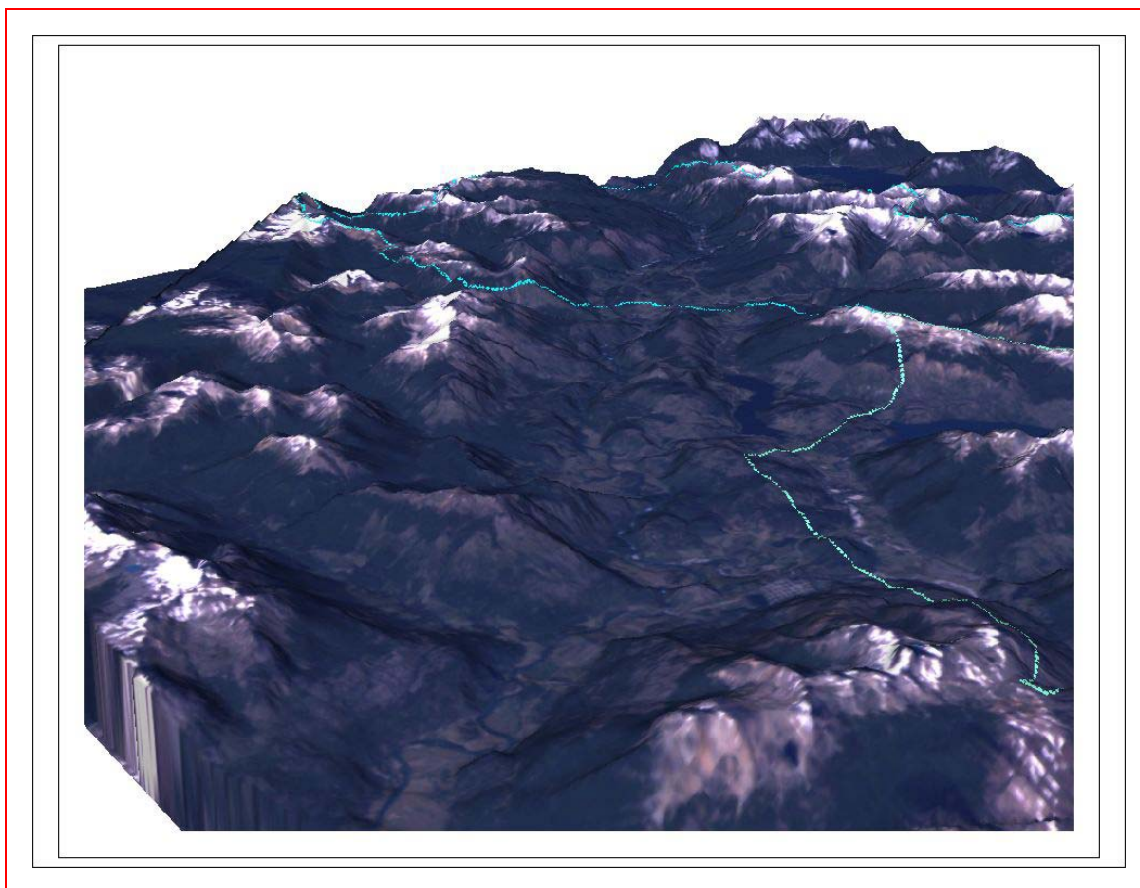


**Figura 47: Detalle de parche urbano de la cuenca del río Futaleufú**

#### **VI.1.4.2 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ**

Esta cuenca es la que presenta mayores aptitudes para el uso antrópico, debido a que posee una mayor superficie de zonas más planas, que se orientan a actividades agrícolas y silvícolas. Es en esta cuenca donde se estableció el asentamiento humano más importante de la comuna y tiene una relevancia geopolítica al encontrarse en una situación fronteriza.

La geomorfología de esta cuenca es la que determina su uso en el tiempo, ya que condiciona las actividades factibles de realizar, determinado en parte por las características ecológicas (Figura 48). Las características de pendiente y rugosidad del paisaje permiten que este parche sea el único que se centraliza en actividades humanas, relacionadas a ruralidad y agricultura en general.



**Figura 48: Vista virtual cuenca del río Futaleufú**

El modelo de elevación de la Figura 49, muestra las relaciones topológicas del asentamiento urbano con la ruta 231, y su patrón espacial, condicionado por el relieve del valle de esta cuenca. Esta figura facilita la interpretación turística de las zonas del paisaje, en términos de facilitar la información proveniente de los estudios topográficos, de los recursos y de los hitos importantes de destacar como unidad municipal.

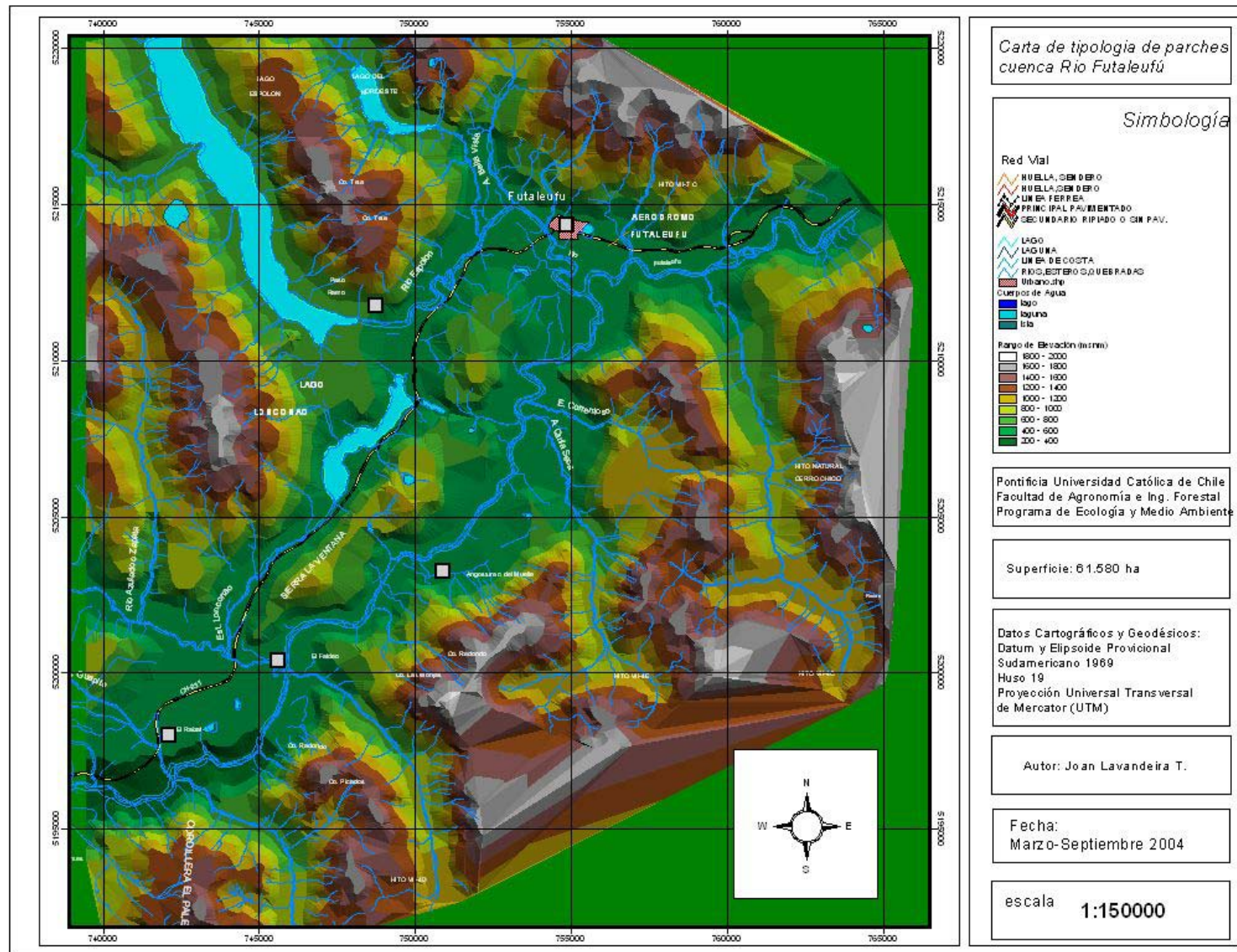
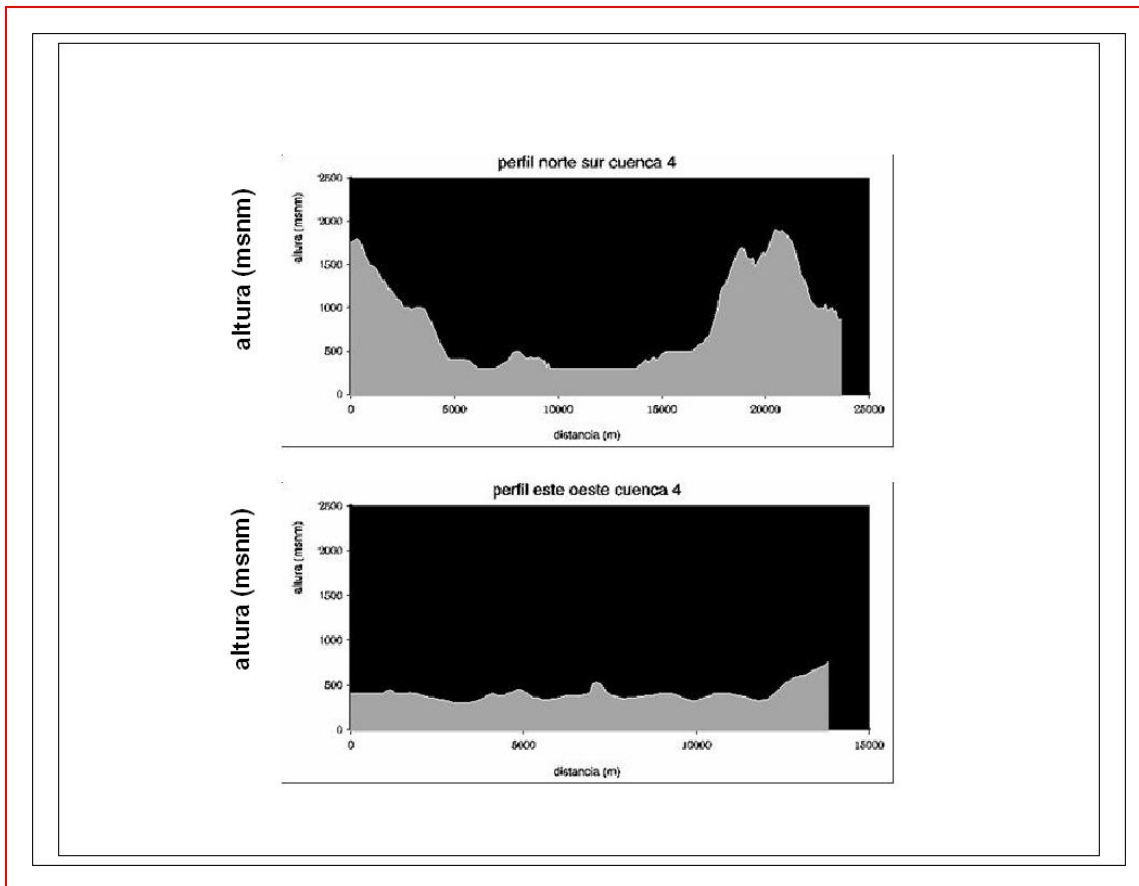


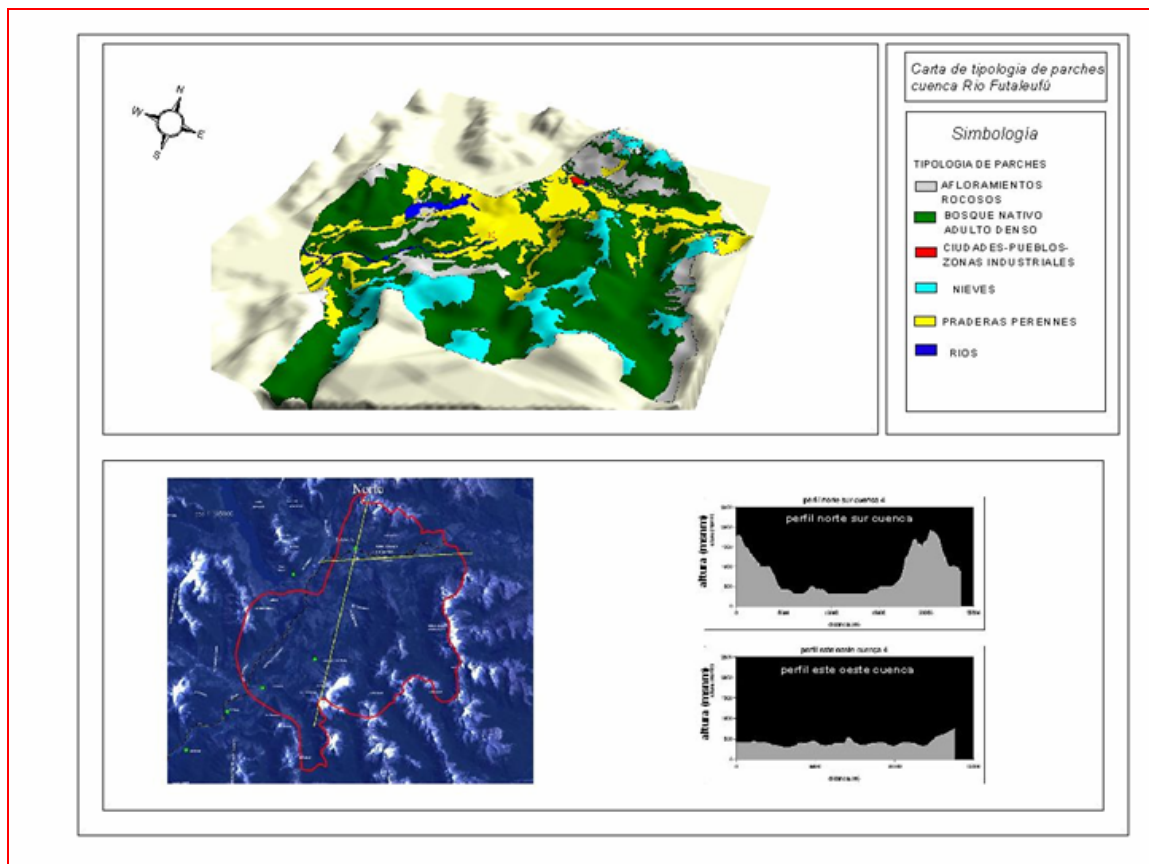
Figura49 : Modelo Digital de Elevación (TIN) de la cuenca del Río Futaleufú



**Figura 50: Perfiles cuenca Río Futaleufú**

La geomorfología presente se relaciona a zonas más aptas para el establecimiento humano, debido a la rugosidad de menor orden que las cuencas pasadas. El perfil (Figura 50) muestra la diferencia significativa de la caja del valle, que es radicalmente distinta (en términos visuales) a los paisajes anteriores, que mostraban más irregularidad del relieve.

Esta cuenca posee una matriz de parches antrópicos (30%) (Matorrales, plantaciones y praderas) y de parches remanentes (12%), disminuyendo los parches de recursos ambientales a un 26% de la superficie (63 parches en total). Esta matriz está conectada por los cursos de agua y los corredores antrópicos, lo que facilita la dispersión de parches antrópicos al sustituir la cobertura vegetal para aprovechar el recurso bosque, por praderas y cultivos, aumentando la fragmentación potencial que puede sufrir la hoya del río Futaleufú. Este paisaje está notoriamente más artificializado por el hombre, ya que muestra claras evidencias de la acción colonizadora y cultural de los actores sociales, influenciado también por los asentamientos trasandinos (Trevellin, Esquel, etc.). Es esta cuenca la que posiblemente determine la dinámica de las otras, ya que actúa como centro de las actividades comerciales y culturales de la comuna.



**Figura 51: MDE+ parches cuenca Río Futaleufú. Perfiles y su ubicación en la cuenca**

El arreglo espacial de los parches se relaciona a la geoforma de la cuenca, en donde los parches con menos signos de alteración se encuentran en zonas inaccesibles (cumbres de montañas, laderas pronunciadas), existiendo una menor influencia humana (Figura 51). En cambio los parches más alterados se distribuyen en zonas planas y de fondo de valle, cercanas a corredores hídricos o de flujo y a zonas de pendiente plana y ondulada, en donde el acceso a estos es facilitado por las condiciones topográficas de la cuenca.



argentino, relacionadas al impacto ambiental no considerado actualmente en las actividades turísticas relacionadas a los ecosistemas riparios.

#### **VI.1.4.4 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO**

Los elementos estructurales de esta cuenca facilitan la existencia del asentamiento humano, lo que se explica por las características geomorfológicas del paisaje (Figura 50). La acción del hombre ha facilitado la fragmentación del paisaje de bosque nativo, que actualmente se ve desplazado hacia las laderas escarpadas de los cerros que conforman la cuenca. Esta fragmentación ha favorecido en cambio los parches de uso antrópico como praderas plantaciones, los parches habitados y los del resultado de actividades culturales pasadas, como ganadería, que han evolucionado a parches de matorral. También se observa que existe una mayor superficie de parches remanentes de bosque nativo (renewal) a un 12 %, lo que se explica por la mayor intensidad de la acción modeladora del hombre en el paisaje.

#### **VI.1.4.5 FUERZAS DE CAMBIO**

En esta cuenca la mayor fuerza de cambio que ocurre en el corto plazo (más frecuencia) es la acción del hombre. Al extender las superficies mas erosionadas en términos de diversidad genética y calidad ambiental, y además de extenderse las superficies buffer de estas zonas mas degradadas, la expansión de los parches de uso intensivo es un importante factor que incide en la degradación de los recursos ambientales de la cuenca y de la hoya. Esta fuerza de cambio se ve acentuada al aumentar la plusvalía de los terrenos en esta comuna, debido al interés de privados externos de la comuna, provincia o región, incluso de extranjeros. Esto facilita la atomización de los ecosistemas de bosque nativo, ya que se transan a privados que no necesariamente practican la conservación y protección de los recursos del paisaje.

## VI.1.5 HOYA DEL FUTALEUFÚ

La agregación de las cuencas en una unidad jerárquica mayor, que es la hoya del Futaleufú, permite comparar las unidades del paisaje, en función de la superficie total de la cuenca, y por lo tanto, permite ponderar la importancia relativa de cada tipología de parche. En la Figura 31 y 32 se muestra el sistema paisaje agregado, en términos de la macrounidad de la hoya del Río Futaleufú.

### VI.1.5.1 TIPOLOGÍAS DE PARCHES

#### VI.1.5.1.1 PERTURBACIÓN NATURAL

Las perturbaciones naturales se extienden en una superficie aproximada de 81706 ha (36 % de 226421 ha), en 102 parches de:

- **afloramientos rocosos:** corresponden a 14809 ha aproximadamente, distribuyéndose en 33 parches. Se localizan principalmente en las zonas de mayor altura de la cuenca en laderas de las montañas en las cuatro cuencas constitutivas, por lo que el patrón de distribución se asocia a zonas altas, cercanas a nieves y sobre el límite de vegetación.
- **nieves:** tienen una extensión de 50750 ha aprox., distribuidas en 38 parches. concentrando el recurso hídrico en forma de nieve y glaciares.
- **terrenos sobre el límite de vegetación:** se presentan en una extensión de 16077 ha aprox. en 29 parches.

#### VI.1.5.1.2 RECURSOS AMBIENTALES

Los recursos ambientales tienen una importante proporción de ocupación del suelo, ya que abarcan 73501 ha, correspondiendo al 33 % aprox., con un total de 286 parches, que denotan distintos estados de conservación, pero también distintos estados vegetacionales, al encontrarse parches de bosque nativo achaparrado, adulto y renovales. Esta importante superficie indica que puede que se comporte como el elemento del paisaje más conectado al seguir el patrón de distribución de los corredores de flujo y los patrones geomórficos.

- **bosque nativo achaparrado:** corresponden a una superficie total de 27462 ha en 128 parches. Estos se encuentran en distintos estados de conservación (abierto, semidenso, denso), pero lo importante es su distribución en el espacio, generalmente en zonas más marginales, cercanas al límite de vegetación, con pendientes fuertes y suelo delgado. Representan la distribución límite del bosque en altura, representando un importante recurso a manejar, debido a su importancia en evitar la fragmentación a nivel de distribución altitudinal de los bosques nativos de la cuenca.

- **bosque nativo adulto:** el bosque nativo adulto, corresponde a parches de bosque que no presentan una sustitución de la cobertura vegetal, pero eso no implica que no hayan sido alterados, en forma de extracción de madera o incendios. Estos corresponden a 38057 ha distribuidos principalmente en laderas y lugares mas apartados o aislados de zonas habitadas por humanos. Estos 96 parches presentan una clara fragmentación de su superficie original, ya que se encuentran adyacentes a bosques más abiertos (menos densidad de la cobertura vegetal) o a bosque de renoval, matorrales, praderas, o cualquier parche con origen antrópico. En la cuenca del río Futaleufú es donde se encuentran en mayor peligro de presión antrópica desplazándose hacia las laderas de los valles.
- **bosque nativo adulto-renoval:** la extensión es de 4248 ha, presentándose en 28 parches. Estos parches se encuentran mas impactados en sus características ecosistemicas, ya que evidencian la aparición de renovales, producto de quemas, incendios o talas razas. Estos parches son la transición entre un bosque adulto y un renoval, por lo que su importancia como ecosistema frágil es alta al evaluar la calidad del paisaje de la hoya del Futaleufú.
- **cuerpos de agua:** se extienden en 2351 ha, concentrados en 20 cuerpos de agua. Estos se ubican principalmente en zonas de acumulación en el fondo del valle y en lagunas colgantes en zonas cordilleranas, de origen glaciario. Su importancia radica en la conectividad del paisaje, ya que son parte de la red hídrica de la cuenca, actuando como sumideros de acumulación de flujos que provienen del movimiento del agua en la cuenca.
- **ríos:** corresponden a 693 ha, en un parche, el río Grande de Futaleufú, con gran actividad recreacional, actuando como un eje atractor de las actividades turísticas y económicas actuales en la comuna.

#### VI.1.5.1.3 RECURSOS REMANENTES

Los parches vegetacionales en estados de renoval se encuentran dispersos en 17125 ha (8 % de la superficie total) en 117 parches. Estos relacionan a zonas en donde no se ha eliminado la cobertura de bosque, pero que poseen un alto impacto humano. Su distribución se relaciona a los patrones de uso en valles y laderas en donde la accesibilidad no esta limitada por factores geográficos, debido a la existencia de caminos o cursos de agua que permiten el flujo de biomasa.

#### VI.1.5.1.4 ORIGEN ANTROPICO

Estos parches tienen una extensión de 54027 ha, correspondiendo al 24 % de la superficie total, en 119 parches de las siguientes tipologías:

- **matorral:** los parches de matorral corresponden a parches en donde se practicó ganadería y las praderas no fueron capaces de mantener una

población animal en el tiempo. Se relacionan a procesos de conversión de tierra fracasados, y en donde se ha desarrollado una sucesión secundaria (sucesión ecológica que se origina con una perturbación humana en el ecosistema). Estos parches de matorral se encuentran en todas las cuencas que componen esta hoya en una superficie de 43874 ha en 84 parches, por lo que su distribución se relaciona a los impactos pasados del hombre en la comuna, relacionados a probablemente al proceso de colonización. Se ubican espacialmente en zonas planas o cercanos a corredores de flujo (cursos de agua). La cuenca del río Futaleufú es la que posee una mayor proporción de estos parches debido a que es donde se ubica el centro poblado más importante.

- **praderas perennes:** estas se encuentran en 9721 ha en 27 parches, y se relacionan con la actividad agrícola mas factible en la zona, aunque no es una actividad sustentable.
- **plantaciones:** se encuentra cercano al centro urbano, con una extensión de 21 ha, en dos parches, solamente en la cuenca del río Futaleufú, por lo que es característico de ese paisaje.

#### **VI.1.5.1.5 HABITADOS**

La cuenca del río Futaleufú es la única que posee un parche en donde se concentran la población de la comuna, existiendo en las otras cuencas asentamientos rurales no inventariados por el catastro del bosque nativo. Este parche posee una superficie de 61 ha, afectando claramente a la cuenca en donde se encuentra situado, por lo que, a pesar de nos ser un parche extenso propiamente tal, su influencia en la orientación y uso del paisaje circundante es muy alto, pudiendo ser considerada como la matriz de la cuenca del río Futaleufú.

### VI.1.5.2 ESTRUCTURA DEL PAISAJE Y MATRIZ

La estructura del paisaje permite entender los componentes de un complejo sistema natural en plena evolución, por lo menos relacionado a lo que es el factor humano. Al revisar las superficies relacionadas al sistema paisaje, se observa que un 36 % de la superficie corresponde a parches de perturbación, relacionados a altas cumbres, nieves, afloramientos rocosos, etc., que evidencian por lo menos una alta proporción del territorio en forma de cumbres y terrenos montañosos. Esto determina que la accesibilidad del hombre se vea interrumpida por parches de vegetación muy densos, condiciones climáticas extremas, topografía escarpada, por lo que las actividades del hombre más intensivas se encuentran desplazadas a zonas de valles y suelos con pendientes planas a onduladas. El arreglo espacial de los parches se relaciona a la geoforma de la cuenca, en donde los parches con menos signos de alteración se encuentran en zonas inaccesibles y los parches más alterados se distribuyen en zonas planas y de fondo de valle, cercanas a corredores hídricos o de flujo y a zonas de pendiente plana y ondulada, en donde el acceso a estos es facilitado por las condiciones topográficas de la cuenca (Figura 53).

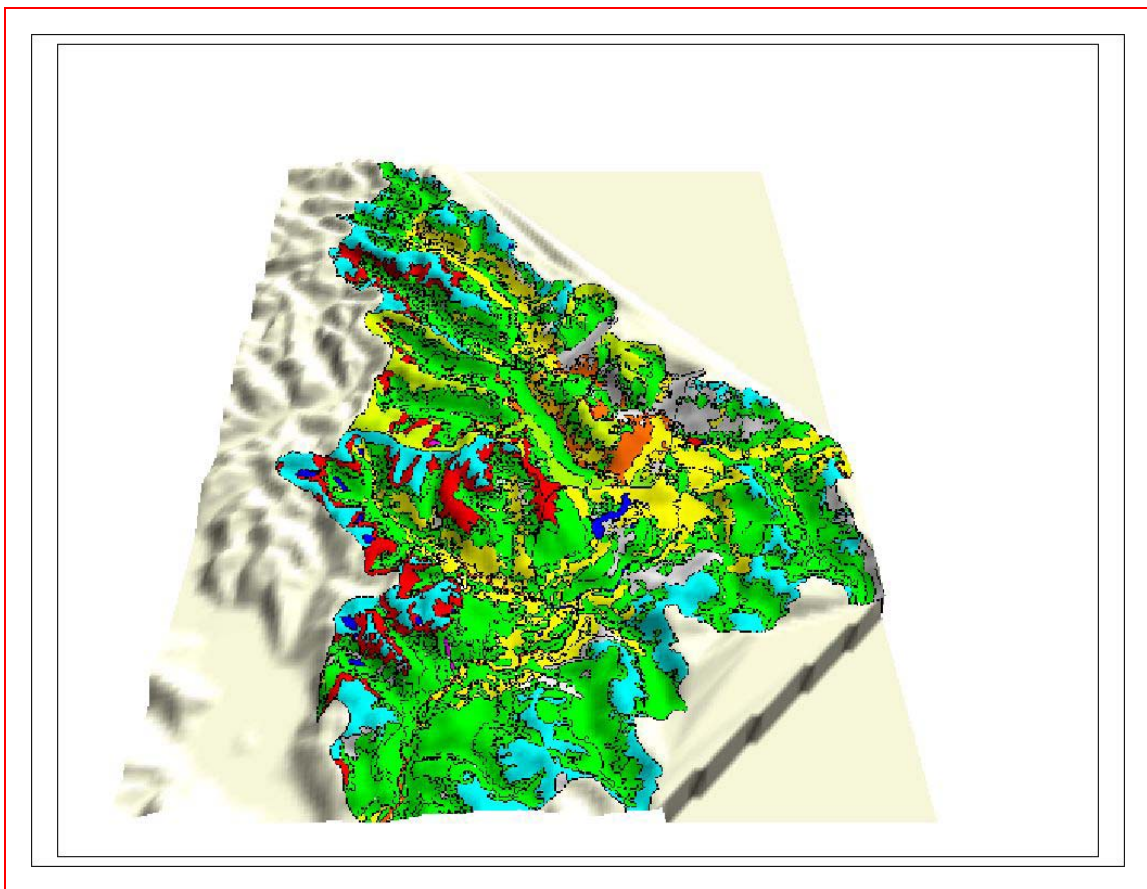


Figura 53: MDE y parches hoya Río Futaleufú.

### VI.1.5.3 FLUJOS

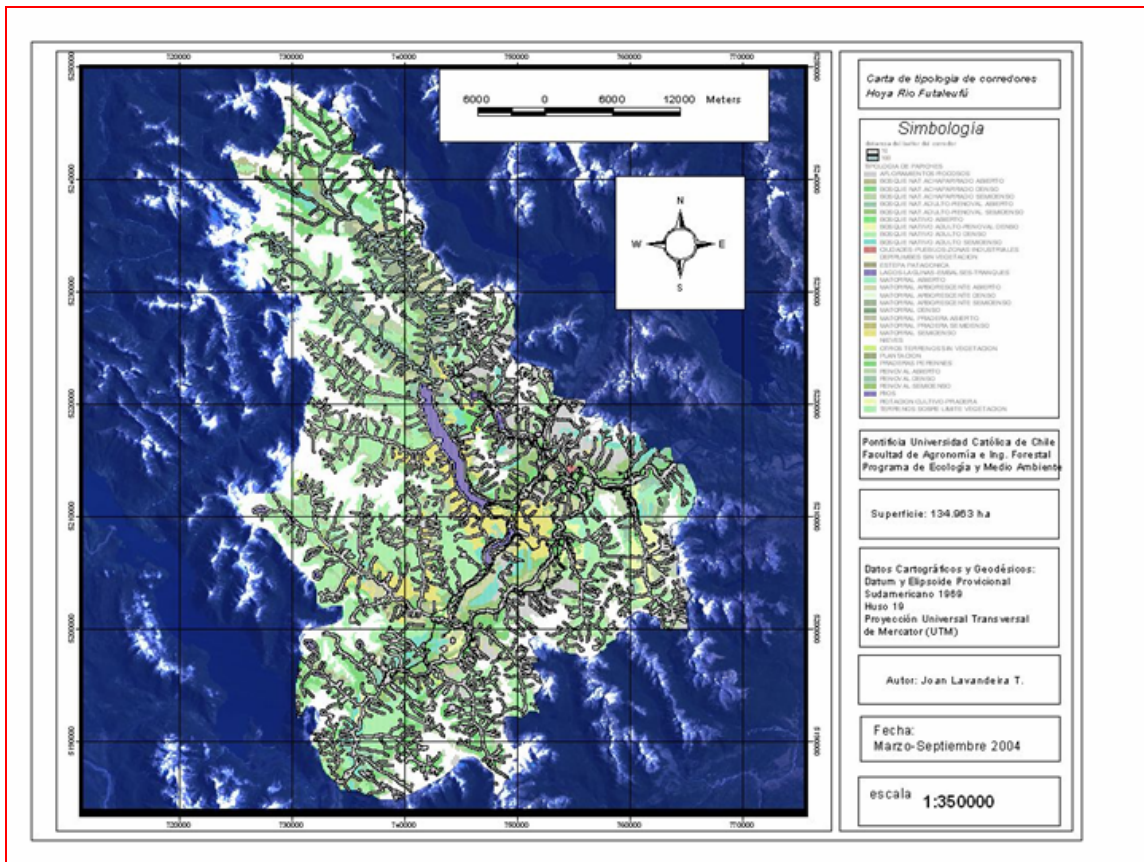


Figura 54: Corredores de flujo en la cuenca Río Futaleufú.

Los flujos del paisaje se encuentran determinados por la estructura propia de la cuenca. Esto es la red de corredores hídricos que conectan los parches en el paisaje, determinados por los valles, glaciares, lagos, cursos de agua y el arreglo espacial de estos (Figura 54). Esta red es la que hace posible una importante cosecha de agua en forma de agua producida por la biomasa presente, que regula y establece los caudales presentes. Es importante destacar que esta hoya tiene su origen en la República de Argentina, pero que en territorio chileno también se abastece de agua proveniente de las nieves de altas cumbres y de precipitaciones.

### VI.1.5.4 RELACIÓN ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PATRONES Y FLUJO

Los elementos estructurales tienen su origen en la geofoma del paisaje, debido a que este condiciona los procesos ecológicos de los ecosistemas presentes, creando microclimas y gradientes de hábitat con alta variabilidad de estados. Así mismo, los patrones culturales han establecido que las zonas más afectadas se

encuentran en zonas más accesibles para el hombre, relacionados a valles y cursos de agua. En cambio las zonas de alteración más alejadas, se relacionan a perturbaciones como incendios o derrumbes, que pueden afectar superficies más extensas.

El funcionamiento del sistema como un todo determina que las actividades concentradas en la cuenca en donde se encuentra el asentamiento urbano, inciden en las otras cuencas, que por sus características de menor accesibilidad, se encuentren en un estado de mayor superficie de recursos ambientales.

Los patrones de distribución de los parches que componen el paisaje de la hoya del Río Futaleufú, permiten describir los siguientes aspectos:

1. La tipología de parches de mayor proporción corresponden a los de origen de perturbaciones, que están más relacionados a la dinámica propia del paisaje, debido a que se encuentran en zonas ambientales más extremas. Estos parches se distribuyen en una proporción homogénea al considerar las cuencas en forma separada (cercana al 30 % de la superficie). Estas zonas son las que presentan una menor influencia humana, debido a su localización topológica relacionada a pendientes fuertes y clima extremo. La única influencia humana se podría considerar al existir actividades relacionadas al montañismo o investigación ambiental, que podrían ser la única forma de que el hombre participe en la dinámica de éstos parches.
2. Los parches relacionados a recursos ambientales poseen una importante relación a los patrones de uso que el hombre ha llegado a realizar en esta Provincia. El patrimonio natural se relaciona con estos recursos, además de contemplar su ubicación física caracterizado por zonas escarpadas, recordando que esta cuenca se encuentra ubicada en un sector cordillerano. Estos parches se encuentran distribuidos uniformemente en la comuna, siendo en las zonas donde existe un mayor impacto humano donde existe menos presencia, a pesar de que al tomar la hoya como un sistema paisaje, se encuentre un 43 % de la superficie cubierta por recursos ambientales en distintos estados.
3. Los parches impactados por el hombre se relacionan a un 17 % de la superficie total, lo que indica que la superficie posee un importante impacto de las actividades humanas. Estos impactos fluctúan en cada cuenca analizada por separado, ya que en zonas donde se han reemplazados los recursos ambientales por parches de alteración, existe un trade-off, ya que son principalmente estos parches los que se reemplazan por parches antrópicos. Esto es muy importante al diseño posible futuro de esta zona, ya que son los parches de recursos ambientales lo que poseen un mayor riesgo de ser reemplazados por parches de uso antrópicos.
4. Los parches que han quedado de impactos humanos (remanentes) tienen una baja proporción de ocurrencia en el paisaje. Esto es por que son parches que tienen la tendencia a convertirse en parches antrópicos, por lo que se podrían considerar como la transición del recurso ambiental en parches artificializados (considerando que esta artificialización no es

producto de una planificación territorial, sino que de actividades independientes de cada dueño de la propiedad, o de los actores sociales presentes).

5. Finalmente el parche habitado (inventariado en el catastro) es el que posee una menor superficie (0.04%), pero que en realidad es el que determina la modelación del paisaje en el presente, debido a que es en dónde se centralizan una serie de funciones, como municipio, o que implica políticas regionales, provinciales, externas al sistema paisaje, que enmarcan el contexto del territorio. Esta tipología de parche es quizás la más impactante en la zona, debido a que facilita la circulación e impacto del hombre en el paisaje.

## VI.2 CONCLUSION FINAL

La relevancia de este estudio se enmarca en la situación actual del manejo de recursos naturales, relacionados a la falta de planificación del territorio, ecosistema o paisaje en general. Una importante tendencia mundial se relaciona a la Ecología del Paisaje, proveniente principalmente de los países desarrollados. Esta disciplina busca complementar las metodologías actuales de catastro de recursos, y esta orientada principalmente a ecosistemas extensos, aunque es aplicable en cualquier escala. La situación de la comuna de Futaleufú es de una cuenca de grandes extensiones de recursos ambientales, y de menores superficies de alteración humana. Esto indica que la necesidad de políticas de diseño y planificación territorial son necesarias para un adecuado uso y aprovechamiento de recursos, en forma sustentable y orientada al uso múltiple, de acuerdo a las limitaciones y potencialidades ecológicas, económicas y sociales.

Al existir una adecuada cantidad de información proveniente de estudios anteriores, las fuentes de información son muy variadas, y a veces no complementarias, esto determina la aplicación de información anterior, que facilita la continuación de estudios con distintas motivaciones y objetivos. Este estudio es en parte un pequeño ensayo sobre las potenciales aplicaciones de esta teoría en el futuro, y reconoce la necesidad de información más detallada en distintas escalas (más detalle a predios, fundos, extensiones de bosques, cuerpos de agua, etc.), que podrían generar un SIG mucho más acorde a las necesidades contemporáneas de las personas y de los ecosistemas.

La existencia de límites administrativos que no se relacionan a límites de la cuenca, por ejemplo, muestra la falta de planificación en el establecimiento de zonas habitadas y urbanizadas, y debiendo determinar la zonificación más adecuada según los componentes estructurales del paisaje. Para esto es necesario conocer los recursos y las limitaciones y potencialidades de uso.

La utilización del catastro del bosque nativo (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999) implica aprovechar información cartográfica y catastral oficial, lo que permite un lenguaje común mas adecuado. La exactitud de la información no es relevante, debido a que los objetivos académicos de este proyecto se enmarcan en el desarrollo de la metodología y aplicación de la ecología del paisaje, complementando la visión ecosistémica de la actualidad. Para este estudio la carencia de la campaña en terreno respecto a la biometría se hace muy necesaria para la medición de variabilidad y comparación de los distintos estados de los parches tipificados. Esto se relaciona a hacer comparables distintas condiciones de sitio y de ecosistemas análogos como una evaluación más profunda de los estados actuales de los parches-hábitat-ecosistemas. A pesar de no poder comprobar la información del catastro en una forma más rigurosa, esto no limita el valor del estudio, debido a que los objetivos no contemplan clasificar la información proveniente de la imagen satelital (teledetección), sino usar esta información para establecer los patrones y arquitectura del paisaje de la Hoya del río Futaleufú.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**Aspinall, R. 1993.** Use of GIS for interpreting land-use policy and modelling effects of land use change. En Landscape Ecology and Geographic Information Systems. Ed. Taylor & Francis. London, UK.

**Barredo, J. 1996.** Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio. Ed. Ra-Ma. Madrid, España.

**Bennett, A. 2003.** Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xiv + 254 pp.

**Benson, J., M. Roe. 2000.** Landscape and Sustainability. Ed. Spon Press. London, UK.

**Bosque, J. 1992.** Sistemas de Información Geográfica. Rialp, Madrid.

**Bridgewater, P. 1993.** Landscape Ecology, GIS and Nature Conservation. En Landscape Ecology and Geographic Information Systems. Ed. Taylor & Francis. London, UK.

**Bücher, C. 2002.** Origen Y Evolución del Paisaje en La Hacienda San Jerónimo. Monografía Presentada en la Escuela de Ecología Y Paisaje de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje de la Universidad Central de Chile para optar al Grado Académico de Licenciada en Ciencias y Artes Ambientales.

**Cáncer, L. 1999.** La Degradación y la Protección del Paisaje. Ed. Catedra, S.A. España.

**Cebrian, J. 1994.** Geographical Information Systems Concepts, Infocarto, Madrid.

**CONAF-CONAMA-BIRF. 1999.** Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile. Informe Regional Décima Región. Universidad Austral de Chile, PUC, Universidad Católica de Temuco.

**D'Angelo C. 2002a.** Marco Conceptual para la Ordenación de Predios Rurales. En Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.

**D'Angelo C. 2002b.** Aplicación de los Principios de Ordenación Territorial a casos hipotéticos. En Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.

**De Bolós, M, 1992.** Manual de Ecología del Paisaje; Teoría, Métodos y Aplicaciones. Ed. Masson, Barcelona, España.

**Diaz N. y S. Bell, 1997.** Landscape Análisis and Design. En Creating a Forestry for the 21st Century. The Science of Ecosystem Management. Edited by K. Kohn and J. Franklin. Washingot D.C., California, USA.

**Dramstad W., J. Olson y R. Forman. 1996.** Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning. Harvard University Graduate school of Design. Island press.

**Flores, V. 2002.** Integración del Paisaje al Camino de la Costa. Recuperación de los códigos genéticos de un territorio en el espacio publico cotidiano. Tesis Projectual para optar al grado de arquitecto en la Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

**FOCUS, 2001.** Plan de Desarrollo Económico Provincia de Palena.

**Forman, R. y M. Godron. 1986.** Landscape Ecology. Ed. John Wiley & Sons. USA.

**Gastó, J. 1979.** Ecología, el hombre y la transformación de la naturaleza. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

**Gastó, J., F. Cosio y D. Panario. 1993.** Clasificación de ecorregiones y determinación de Sitio y Condición. Manual de aplicación a municipios y predios rurales. Red de Pastizales Andinos. Quito, Ecuador.

**Gastó J., A. Retamal, D. Guzmán. 2000.** Proyecto Pumalín. Informe Técnico Santuario de la Naturaleza. PUC, programa de ecología y medio ambiente.

**Gastó j., P. Rodrigo, I. Aránguiz y C. Urrutia. 2002.** Ordenación territorial rural en escala comunal: bases conceptuales y metodología. En Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.

**Gastó j., P. Rodrigo y I. Aránguiz. 2002.** Desarrollo de una metodología para la representación y resolución de problemas de predios rurales. En Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.

**Haines-Young, R., D. Green y S. Cousins. 1993.** Landscape Ecology and Geographic Information Systems. Ed. Taylor & Francis. London, UK.

**Hobbs, R. 1999.** Clark Kent o Superman: Where is the phone booth for Landscape Ecology. En Landscape Ecological Analysis. Issues and Applications. Ed. Springer. New York.

**Klijn, F. y H. Udo de Haes. 1994.** A Hierarchical Approach to Ecosystems and its Implications for Land Classification. En landscape ecology vol. 9 no. 2 pp 89-104. SPB Academic Publishing.

**Klopatek, J. y R. Gardner. 1999.** Landscape Ecological Analysis. Issues and Applications. Ed. Springer. New York.

**Lavers, C., R. Haines-Young y M. Avery. 1993.** The use of landscape models for the prediction of the environmental impact of forestry. Landscape Ecology and Geographic Information Systems. Ed. Taylor & Francis. London, UK.

**Liu, J. y W. Taylor. 2002.** Integrating Landscape Ecology into Natural Resource Management. Cambridge University Press. UK.

**Mac Millan, R., P. Furley y R. Healey. 1993.** Using hydrological models and GIS to assist with the management of surface water in agricultural landscape. En Landscape Ecology and Geographic Information Systems. Ed. Taylor & Francis. London, UK.

**Maguire, D. 1991.** An overview and definition of GIS, en D. Maguire, M. Goodchild y D. Rhind (eds.) Geographical Information Systems, vol.1 Principles, Longman, Nueva York.

**Marsh, W. 1997.** Landscape Planning. Environmental Applications. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.

**McGarigal, K., B. Marks. 1995.** FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.

**Naveh, Z y A. Lieberman. 1983.** Landscape Ecology: Theory and Applications. New York, Springer-Verlag.

**OTAS, 2002.** Planificación Ecológica del Territorio. Guía Metodológica. Proyecto Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable. Gobierno Regional de la Región Metropolitana, Universidad de Chile y GTZ. Ed. MS Comunicaciones Ltda.

**Perez, A. 2000.** Bases Conceptuales, Principios y Metodología para la Incorporación del Bosque a la Ordenación del Territorio. Proyecto de Título, Pontificia Universidad Católica de Chile.

**Risser, P. 1999.** Landscape Ecology: Does the Science only need to Change at the Margin?. En Landscape Ecological Analysis. Issues and Applications. Ed. Springer. New York.

**Rodríguez Pascual, A. 1993.** Proposición de una definición profunda de SIG. En Actas del 2º Congreso de la Asociación Española de SIG (AESIG), pp. 127-142, junio, 1993, Madrid.

**Stow, D. 1993.** The Role of GIS for Landscape Ecological Studies. En Landscape Ecology and Geographic Information Systems. Ed. Taylor & Francis. London, UK.

**Tesser Obregón, C. 2000.** Algunas reflexiones sobre los significados del paisaje para la geografía. En: Revista Norte Grande, 27:19-26.

**Troll, C. 1971.** Landscape Ecology (geoeology) and bioecology, a terminology study. Geoforum 8: 43-46.

**Zonneveld, I. 1979.** Land Evaluation and Land (scape) Science. Enschede, The Netherlands: International Training Center. 134p.