

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
DE CAMINOS TIPO RUTAS ESCÉNICAS EN ÁREAS SILVESTRES  
PROTEGIDAS EL CASO DEL PARQUE PRIVADO TANTAUCO.**

**Alberto Eliezer Leiva Medina**

**Santiago, Chile  
2010**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
DE CAMINOS TIPO RUTAS ESCÉNICAS EN ÁREAS SILVESTRES  
PROTEGIDAS EL CASO DEL PARQUE PRIVADO TANTAUCO.**

**METHODOLOGIC PROPOSAL FOR THE DESIGN AND ROAD  
CONSTRUCTION TYPE SCENIC ROUTES IN WILD AREAS PROTECTED  
THE CASE OF PRIVATE TANTAUCO PARK**

**Alberto Eliezer Leiva Medina**

**Santiago, Chile  
2010**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
DE CAMINOS TIPO RUTAS ESCÉNICAS EN ÁREAS SILVESTRES  
PROTEGIDAS EL CASO DEL PARQUE PRIVADO TANTAUCO.**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

Alberto Eliezer Leiva Medina

**PROFESOR GUÍA**

**Calificaciones**

Patricio Rodrigo S.  
Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Ecología.

6,5

**PROFESORES EVALUADORES**

Jorge Pérez Q.  
Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph. D.

6,5

Víctor García de Cortázar G. de C.  
Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph. D.

6,0

**Santiago, Chile  
2010**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo lo dedico a la memoria de mi padre Luís Leiva y a mi querida madre Rosa Medina, ya que sin su apoyo y cariño no me hubiera sido posible culminar con mis estudios universitarios.

A mi profesor guía, por su paciencia y consejos, que ayudaron a la elaboración de la presenta memoria.

Y primordialmente dedicada a mi hija Emilia que me enseña a sonreír día a día.

## INDICE

RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	5
INTRODUCCIÓN .....	6
MATERIALES Y MÉTODOS .....	8
Área de estudio .....	8
Materiales .....	8
Metodología .....	9
Determinación de las variables para evaluar la belleza escénica y sus hitos .....	9
Evaluación de los caminos existentes en el Parque Tantauco en función de la belleza escénica y proposición de medidas de mejoramiento. ....	12
Formulación de un modelo para desarrollar el trazado de la ruta que incorpore las variables relevantes, minimizando el impacto ambiental en caminos de tipo ruta escénica .....	14
Sistematización de los procedimientos utilizados en la metodología general .....	16
RESULTADOS .....	17
Determinación de las variables para evaluar la belleza escénica y sus hitos .....	17
Inventario o caracterización del área de estudio a través de las Unidades de Ocupación territorial (UOT) .....	17
Caracterización de las UOT de acuerdo a .....	19
Calidad visual del paisaje .....	25
Selección de hitos escénicos incluidos en el modelo .....	27
Evaluación de los caminos existentes en el Parque Tantauco en función de la belleza escénica y proposición de medidas de mejoramiento .....	28
Evaluación de los caminos existentes .....	28
Propuesta de medidas de mejoramiento .....	30
Formular un modelo para desarrollar el trazado de la ruta que incorpore las variables relevantes, minimizando el impacto ambiental en caminos de tipo ruta escénica .....	33
Variables ambientales del modelo .....	34
Componentes ambientales afectados, mitigación y consideraciones .....	35
Opciones de trazado .....	41
Sistematización de los procedimientos utilizados en la metodología general .....	42

DISCUSIÓN .....	47
CONCLUSIÓN.....	49
BIBLIOGRAFÍA .....	50

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el territorio del Parque Tantauco, en Chiloé, predio asociado a la red de Áreas Silvestres Protegidas Privadas, que incorpora alrededor del 80% de la superficie del Sitio Prioritario Chaiguata suscrito por el Estado chileno en la Estrategia de Conservación de la Diversidad Biológica.

El objetivo de la investigación fue desarrollar dos opciones de trazado de ruta escénica, que una Inio con San Pedro e Inio con Chaiguata. Para ellos se analizaron las metodologías de caracterización de belleza escénica, técnicas de restauración de caminos, y métodos de trazado existentes, a las cuales se le incorporan consideraciones ambientales y escénicas que se deben cumplir para que esta ruta respete y se integre al paisaje de un área protegida bajo la categoría de Parque.

Como primer paso se identificaron las variables que influyen en la belleza escénica y se determinó su calidad en el territorio del Parque Tantauco. Por otro lado se caracterizó las rutas existentes para una priorización, corrección y transformación. Finalmente se generaron alternativas de trazado del camino tipo ruta escénica desde los diferentes puntos de inicio/destino (Inio, San Pedro, Chaiguata), considerando las variables ambientales y escénicas pertinentes.

Las variables de evaluación de la calidad escénica del parque fueron determinadas por la metodología propuesta por Ramos (1979) y Pellicer y Cancer (1982); la aplicación de este método permitió determinar los hitos escénicos dentro del territorio, en función de su orientación y distancia desde y hacia los puntos de origen/destino.

La caracterización de las rutas existentes se realizó en función de: el ancho faja despeje existente; de la regeneración presente en los taludes; la presencia de eventos erosivos en taludes; la presencia de zonas de extracción de áridos; y la calidad de belleza escénica generada. En cuanto a las medidas de mejoramiento, estas se hicieron sobre la base de la revisión bibliográfica.

Para el desarrollo del trazado la ruta escénica se utilizó un modelo asentado sobre software SIG, creando para ello una superficie de fricción que incorpora tanto variables topográficas, como variables ambientales restrictivas relevantes que minimicen el impacto ambiental para este tipo de caminos en un área protegida. La sistematización de lo realizado posibilitó la proposición de una metodología para el trazado de rutas escénicas en áreas protegidas.

El análisis de las rutas existentes permitió generar una metodología general para restaurar los taludes del camino de modo de mejorar, según el orden de prioridad determinado, la calidad escénica de estos.

Finalmente se generaron dos alternativas de trazados, en función de los dos puntos de

inicio determinados; no se observaron diferencias significativas en la longitud media de los diferentes tramos. Se generaron un set de consideraciones que permiten la construcción de la ruta respetando el medio ambiente y la calidad escénica del entorno.

**Palabras claves: Ruta escénica, caminos, SIG, belleza escénica, Parque Tantauco.**

## ABSTRACT

This study was conducted in Tantauco Park in Chiloé. The park is associated with the network of Private Protected Areas, which includes about 80% of the Priority Site of Chaiguata signed by Chile in the Conservation Strategy of Biological Diversity.

The objective of this research was to develop two options of scenic routes that connect Inio to San Pedro and Inio to Chaiguata. To achieve this objective, we analysed the methodologies of characterization of scenic beauty, roads restoration techniques and existing methods to assign routes. Environmental and scenic considerations were included to integrate the route to the protected area in the landscape.

First, the variables that affect the scenic beauty in Tantauco Park and its quality in the territory were defined. Also the existing routes were characterized for prioritization, modification and processing. Then, alternative tracing routes were generated from the different points (Inio, San Pedro, Chaiguata), considering the relevant environmental and scenic variables.

The evaluation variables of scenic quality were determined using the methodology proposed by Ramos Fernandez (1979) and Pellicer & Cancar (1982). The application of this method allowed the definition of territory landmarks in function on its orientation and distance to and from the points of origin and destination.

The characterization of existing routes was made according to the open strip width, the regeneration observed on the slopes, the presence of erosive events on slopes, the presence of extraction material and the quality of the scenic beauty. The improvements measures were done according to a literature review.

For the layout development of the scenic route, a model on GIS software was used, creating a friction surface that incorporates both topographic variables and environmental restrictions to minimize the environmental impacts of the road in the park. The systematization of the work allowed to develop the proposal of a methodology for the design of scenic routes in protected areas.

The analysis of the existing routes allowed generating a general methodology for restoring the slope of the roads to improve its scenic quality according to the order of priority.

Finally, two alternatives of scenic paths were proposed in function of the two initial points. No significant differences in the mean length were observed. A set of considerations that permit the construction of the route respecting the environment and its scenic quality were defined.

Keywords: Scenic route, roads, SIG, scenic beauty, Tantauco Park

## INTRODUCCIÓN

Desde los orígenes de las sociedades organizadas, el hombre ha comprendido la necesidad social y psicológica de proteger las áreas naturales y sus recursos; actualmente, la expansión urbana y la aparición de tecnologías más complejas, aumentan la necesidad de contar con áreas naturales protegidas. Bajo este contexto, Chile, en el año 1925, promulgó la Ley Forestal en la cual se estableció el sistema de parques nacionales con la meta de proteger los recursos naturales en diferentes lugares del país; de la misma forma, en 1967, se ratificaron los acuerdos de la Convención para la protección de la Flora, Fauna y Bellezas Escénicas de América (Convención de Washington, Ministerio RR.EE, 1967) en la cual se destinaron áreas para la conservación de recursos escénicos, vegetación, animales y, valores geológicos y culturales.

No obstante, la mayoría de las acciones que se llevan a cabo dentro un Área Silvestre Protegida, resultan en un significativo impacto ambiental (Ohreman y Thesen, 2003), preferentemente por obras de conectividad, ya sea senderos o caminos, donde los impactos se diferencian en tres tipos: impactos directos que se refieren a los efectos inmediatos que ocurren en el sitio de construcción y los alrededores de la ruta; originados por el proceso constructivo, la ejecución de obras complementarias y las actividades relacionadas; impactos indirectos, que se ligan de cerca al proyecto, pueden tener consecuencias más profundas en el ambiente que los impactos directos, son más difíciles de medir, pero pueden en última instancia ser más importantes; y los impactos acumulativos, estos son los efectos multiplicativos o sinérgicos, que pueden entonces dar lugar a daño en la función de uno o varios ecosistemas.

La identificación de estos impactos potenciales empieza con una descripción precisa de las acciones propuestas y las condiciones ambientales existentes. Los elementos de la acción propuesta y su calendario proyectado deben describirse con el detalle suficiente para permitir la evaluación de sus impactos. El tipo de proyecto, su ubicación y/o trazado, las técnicas usadas en su construcción, la intensidad de uso que recibirá y los componentes circundantes del sitio, son todas causas interrelacionadas de impactos, por lo que la necesidad de contar con una gama de criterios y diseños, que engloben tanto las variables ambientales como económico-sociales, son de imperativa necesidad en la planificación de este tipo de áreas.

Bajo este contexto, nace la necesidad de planificar estas obras de conectividad desde un nuevo enfoque ambiental, dando origen a las rutas escénicas, definidas por la dirección de vialidad como *“caminos que se emplazan en zonas de gran valor paisajístico y cuyo propósito es preservar y proteger los corredores adyacentes a dichos caminos de los posibles cambios estéticos que pudieran generarse por la instalación u operación de actividades no compatibles con el entorno. Estos caminos procuran causar el mínimo impacto sobre el medio y mantener las características paisajísticas naturales y culturales, incorporando a la comunidad, organizaciones sociales, empresas y organismos gubernamentales, en la mantención de tramos del camino con el objeto de comprometerlos y responsabilizarlos del cuidado del entorno”*.

A pesar de reconocerse como tal, la realidad chilena aun no incorpora plenamente este tipo de rutas a su planificación, tanto en áreas silvestres protegidas como fuera de ellas, incorporándose solo en los últimos años. La situación internacional no dista mucho de la local, encontrándose muchos ejemplos de rutas escénicas, pero todas ellas de transformación de rutas existentes a rutas escénicas, no incorporando esta variable desde la planificación y ejecución del camino.

Considerando los antecedentes descritos anteriormente, en el presente trabajo se creó una metodología que aborda la problemática de los caminos mal diseñados y construidos, permitiendo la planificación de caminos tipo ruta escénica (CTRE) que procuren minimizar el impacto sobre el medio a costos moderados de construcción, mediante el uso de la información digital pertinente existente a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicado al sector denominado Sitio Chaiquata, clasificado como Sitio prioritario para la conservación, ubicado en Chiloé, específicamente en las tierras adquiridas por la Fundación Futuro.

Tomando en consideración los antecedentes anteriormente mencionados, los objetivos del presente estudio son:

#### Objetivo General

- Desarrollar una metodología general para el diseño de rutas escénicas en Áreas Silvestres Protegidas, que optimicen las bellezas existentes y reduzcan los impactos ambientales, tomando como estudio de caso el Parque Tantauco.

#### Objetivos Específicos

- Determinar las variables para evaluar la belleza escénica y sus hitos.
- Evaluar los caminos existentes en el Parque Tantauco en función de la belleza escénica y proponer medidas de mejoramiento.
- Formular un modelo para desarrollar el trazado de la ruta que incorpore las variables relevantes, minimizando el impacto ambiental en caminos de tipo ruta escénica.
- Sistematizar los procedimientos utilizados en la metodología general.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La investigación se desarrolló en la Isla Grande de Chiloé, en la comuna de Quellón, Décima Región de Los Lagos. Las coordenadas geográficas del lugar son 74° 19' de longitud oeste y 43° 20' de latitud sur, con alturas que van desde el nivel del mar hasta los 550 m.s.n.m. El territorio del Parque Tantauco cubre casi 120 mil hectáreas y se encuentra en el surponiente de la isla, al sur del actual Parque Nacional Chiloé y al oeste de Quellón. El acceso a la zona es posible por vía marítima, al sector de Inio y terrestre al sector comprendido por el Lago Yaldad y los Lagos Chaiguata y Chaiguaco.

El clima está determinado por la latitud, la altura, la corriente fría de Humbolt y la ubicación del territorio con respecto al mar. Su clasificación corresponde a Clima Marítimo Templado-Frío Lluvioso de la Costa Occidental. Las características más relevantes son una constante humedad ambiental y potenciales precipitaciones durante los doce meses del año, la cual que puede alcanzar los 3.000 mm anuales. El 70% de las precipitaciones se concentran entre abril y septiembre.

El Clima de Tantauco según la clasificación de Ecorregiones (Gastó *et al*, 1993), tiene dos provincias. La Provincia Húmeda de Verano Fresco, que corresponde a un clima marítimo templado frío lluvioso de la costa occidental. Es un clima permanentemente húmedo, con posibilidades de precipitaciones anuales, fluctuantes desde más de 1360 mm en el norte de la cordillera de Nahuelbuta, hasta 2400 mm en Valdivia, sobrepasando esa cantidad en Chiloé, llegando a 3000 mm en la zona del Parque. El clima es fresco bajo influencia marítima y lejanía de las masas de nieve, aunque recibe la influencia de masas de aire polar frío. Y la Provincia Húmeda de Verano Fresco y Mésico, que corresponde a un clima templado húmedo de verano fresco y tendencia a seco. En los meses de verano las precipitaciones tienden a disminuir hasta montos insuficientes para mantener la vegetación, lo cual no perdura por más de un mes. La vegetación natural no se ve afectada, ya que los montos anuales de precipitación sobrepasan los requerimientos.

### Materiales

Los materiales que se utilizaron en este estudio son los siguientes:

- Cartografía Digital del Parque Tantauco. Cartografía de restitución aerofotogramétrica de distintas entidades. Se dispone de coberturas topográficas, hidrológicas, suelos, ocupación del suelo, formaciones vegetacionales, infraestructura vial y otras de interés.
- Fotos Aéreas de 1995, escala 1:20.000, del Servicio Aerofotogramétrico nacional (SAF)

- Equipo de fotointerpretación
- Software SIG: Arc View 3.2 e IDRISI
- GPS (Garmin eTrex)

## **Metodología**

La metodología de trabajo que se empleó estuvo destinada a determinar criterios para el diseño y construcción de caminos tipo ruta escénica en ASP, esto enmarcado dentro de los lineamientos y objetivos de este tipo de áreas de acuerdo a la normativa de la UICN, que buscan la conservación de los recursos naturales y su uso público, optimizando el uso de las bellezas escénicas, la investigación, educación y recreación con impactos ambientales mínimos y a costos razonables.

### **Determinación de las variables para evaluar la belleza escénica y sus hitos.**

En esta primera etapa, se realizó un trabajo de recopilación bibliográfica, para determinar las metodologías y las variables aplicados en CTRE en Chile; del mismo modo, se revisaron las experiencias a nivel internacional en este tipo de actividades, de forma tal de sintetizar y adaptar, estas a la realidad local del Parque Tantauco.

Las ASP se basan en principios ecológicos, los usos tradicionales de la tierra y la estética, la combinación de estos tres aspectos resulta en un paisaje de rica diversidad natural que, además, soporta la presencia humana (Brian y Houseal, 1979). Bajo este concepto, se sintetizaron las variables estéticas del paisaje natural que buscan precisar hitos escénicos al interior de estas áreas. Por otro lado, se consideró a evaluación, aquellas áreas que, por interés del proponente del trabajo, fueron determinadas como sitios posibles de paso de estas rutas.

### **Inventario o caracterización del área de estudio**

El hombre percibe el paisaje como una serie de volúmenes y topologías en el espacio, definidos por límites físicos circundantes tales como la tierra, cerros o el cielo. Estas variables que influyen en la calidad de “belleza” del paisaje, entendiéndose que esta es creada por los diferentes aspectos que llevan placer a los sentidos. Las formas y esfuerzos de la naturaleza con su ritmos, patrones y diversidad, captan nuestra atención e influyen en nuestra experiencia, por lo que se caracterizaron las variables estéticas, geológicas, topográficas, vegetacionales, climáticas (microclimáticas), del relieve, ecotonos, hidrografía, diversidad, fauna silvestre, suelo y el uso de la tierra por el hombre, entre otras.

### **Caracterización de las Unidades Territoriales Homogéneas (UTH)**

El objetivo de esta primera zonificación es delimitar áreas que presentan cierta homogeneidad interna de manera de poder otorgar un valor representativo por indicador a cada polígono o unidad territorial. El examen detallado del escenario físico dado por las

unidades biogeoestructurales (Gasto *et al.*, 2002) del área desarrollado en el Plan de manejo de Conservación del Parque Tantauco, nos entrega las Unidades Territoriales Homogéneas, también llamadas por otros autores como unidades de ocupación, en función del tono y grado de las imágenes que las distinguen de otras unidades vecinas.

De acuerdo a la zonificación biogeoestructural dada que caracterizó y dividió el territorio en unidades homogéneas se procedió a la identificación de éstas. Para ello, se definió cualitativa y cuantitativamente, por medio de una combinación de valores o parámetros, el valor actual (calidad) del paisaje. Ramos (1979) considera tres aspectos como descriptivos e influyentes en la calidad visual del paisaje: características del medio físico (diversidad, singularidad, naturalidad), actuaciones humanas y relaciones visuales mutuas entre unas y otras unidades.

Los métodos indirectos son los más antiguos y forman el grupo más numeroso de técnicas de valoración de la calidad paisajística. Utilizan, para la desagregación de la calidad del paisaje, características físicas como, por ejemplo, la topografía, los usos del suelo, la presencia de agua. Son numerosos los autores que han seguido esta metodología en sus estudios paisajísticos: Hebblethwaite, 1973; Wright 1974, Fernández, 1977; Gómez, 1978, Ramos, 1979; Pellicer y Cancer, 1992, Sancho y Bosque y Moreno 1993 a y b. La elección de estos parámetros por parte de los estudiosos del tema es muy variada, dependiendo de múltiples factores. A continuación se exponen, siguiendo las ideas desarrolladas por Ramos (1979), y Pellicer y Cancer (1982), aquellos que se han considerado los más significativos y representativos de la calidad paisajística y usados en este trabajo:

1. Singularidad: Término que hace referencia a la existencia de elementos raros o no habituales en un lugar, poco repetidos en el conjunto del ámbito analizado. El parámetro singularidad, se mide con un porcentaje, de tal forma que aquellas unidades territoriales con proporciones más elevadas de superficie (en relación a su superficie total) serían las consideradas menos singulares.
2. Diversidad: Hace referencia a la variabilidad existente entre las UTH. Se utilizó la aplicación de ventanas móviles para calcular la diversidad de usos de forma continua en todo el territorio mediante el empleo del software IDRISI.
3. Naturalidad: Variable muy importante a la hora de determinar la calidad paisajística de una determinada zona pues, como consecuencia de la creciente humanización del territorio, se valoran prioritariamente los parajes que conservan en un grado notable la situación previa a la acción del hombre. Esta fue determinada por los conocimientos del terreno, tanto del profesor guía como del alumno.
4. Fisiografía: Se utiliza la calificación propuesta por Gallardo y Gastó de 1998 para las grandes unidades geomorfológicas:
  - Montano, son montañas con pendientes predominantes iguales o mayores a 66.5%

- Cerrano, corresponden a cerros con pendientes iguales o mayores a 34,5% a 66.4%
- Ondulado, son colinas con pendientes iguales o mayores a 10,5% a 34,4%
- Plano, son sectores con pendientes iguales o mayores de 0% a 10,4%
- Depresional, presenta pendientes de 0% ó menores, formando depresiones abiertas o cerradas

### **Calidad visual del paisaje**

Una vez determinadas las variables que influyen en la “belleza” de las UTH, se valoraron cuantitativamente las distintas manifestaciones del mismo, otorgando una puntuación de 1 a 5 (1 máximo y 5 mínimo), creando una cobertura de belleza por criterio, donde la “belleza final” quedó determinada por el análisis multicriterio que se muestra:

$$VBf = \sum_{i=1}^n CB_i P_i$$

Donde VBf es el Valor de Belleza escénica Final,  $CB_i$  el valor del criterio de belleza escénica  $i$  y  $P_i$  el peso del criterio  $i$  (el peso será determinado en conjunto con el profesor guía), siendo la valoración final un valor redondeado al número entero superior más próximo (cuando corresponda). De esta forma se seleccionaron aquellos sectores que presentan el más alto valor como los hitos escénicos a ser unidos por el trazado del camino.

### **Generación de la cartografía de belleza escénica**

Generada la función final de integración de las variables, realizada por medio de los respectivos pesos y valores cuantitativos de belleza escénica, se generó un mapa final de Calidad Visual del Paisaje. Según Santibáñez (2009), para simplificar toda esta complejidad, se hace necesario contar con un sistema de indicadores válidos que traduzcan en forma simple el que, cuánto y dónde de los fenómenos vinculados y aprovechado la potencia de las tecnologías modernas de la información, las variables que describen el sistema territorial deben ser traducidas a escalas numéricas que representen el estado o la intensidad de un fenómeno.

De esta manera, este nuevo mapa es reclasificado según “Grados de calidad”, es decir, según el valor final con el que se valora cada UTH del área de estudio. La calidad visual final queda definida en 5 categorías de la siguiente manera:

- Calidad Muy Baja: sectores que no reúnen características específicas de belleza escénica. Se encuentra entre 0% y 20% de la calidad final determinada, lo que indica que no hay interés en ser cruzado por el trazado del CTRE
- Calidad Baja: sectores que se encuentra entre 20% y 40% de la calidad final determinada, lo que indica que el área presenta un leve interés en ser incorporada al trazado de un CTRE.

- Calidad Media: Este tramo abarca entre un 40% y 60% de la calidad final determinada, lo que indica que el área presenta interés mediano en ser incorporada al trazado de un CTRE.
- Calidad Alta: Áreas que presentan entre un 60% y 80% de la calidad final determinada, lo que indica que el área presenta un gran interés en ser incorporada al trazado de un CTRE.
- Calidad Muy Alta: Áreas que presentan entre un 80% y 100% de de la calidad final determinada, lo que indica que estas áreas debieran ser zonas objetivos del trazado de un CTRE.

Los hitos escénicos dentro del parque fueron asumidos como todas las áreas de calidad de belleza Muy Alta.

### **Evaluación de los caminos existentes en el Parque Tantauco en función de la belleza escénica y proposición de medidas de mejoramiento.**

En esta etapa se realizó un diagnóstico de las vías de conectividad presentes en el Parque, su estado y jerarquía, se descartaron las vías del medio circundante por la nula conectividad de estas con el sector. Este diagnóstico se realizó sobre la base de información digital en formato shape, fotografías aéreas y visitas al sitio de estudio, la cual se cruzó con la información de calidad del paisaje para sectorizar el tramo de acuerdo a la urgencia de reparación.

El cuadro 1 muestra la información que se utilizó para diagnosticar las rutas presentes en el Parque Tantauco, de manera de priorizar los esfuerzos para la restauración de la misma.

Cuadro 1. Características que se consideraron en la evaluación de los caminos existentes.

Característica a evaluar	Urgencia de restauración		
	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	<i>Alta</i>
Ancho faja despeje	El ancho desde la carpeta de rodado a la zona no intervenida está entre 0 a 2 metros.	El ancho desde la carpeta de rodado a la zona no intervenida está entre 2 a 5 metros.	El ancho desde la carpeta de rodado a la zona no intervenida es superior a 5 metros.
Regeneración de taludes	La cobertura de la regeneración natural es alta en relación con la vegetación de la zona, la cubierta se observa muy poco alterada.	Cobertura de la regeneración natural es medianamente reducida y se encuentra entre un 40 a 75% de la cubierta original.	Regeneración natural muy baja, cubriendo menos del 40% de la cubierta original.
Presencia de eventos erosivos	El proceso de deterioro es apenas perceptible mediante los sentidos. La observación cuidadosa muestra que hay algún grado de deterioro incipiente.	El deterioro es evidente a los sentidos. El sistema o recurso natural ha perdido una parte importante de su valor o de sus funcionalidades.	El deterioro es máximo, la propiedad que se evalúa ha cambiado por completo respecto de sus valores originales, en algunos caso ha desaparecido por completo un componente (especies vegetales, un horizonte del suelo).
Presencia de zonas de extracción de áridos	Sin presencia.	Presencia de zonas menores a 25m <sup>2</sup> .	Presencia de zonas superiores a 25m <sup>2</sup> .
Calidad de belleza escénica	Calidad de Belleza Escénica Baja y Muy Baja	Calidad de Belleza Escénica Media	Calidad de Belleza Escénica Alta y Muy Alta

Una vez que se diagnosticó la realidad de los caminos existentes, se revisó la bibliografía existente en recuperación de taludes y caminos, procediéndose a generar medidas que transformen estas rutas a CTRE.

### **Formulación de un modelo para desarrollar el trazado de la ruta que incorpore las variables relevantes, minimizando el impacto ambiental en caminos de tipo ruta escénica**

Para el diseño del camino se consideró un ancho de faja que varía entre 3 y 5 metros, en función de los atributos del sitio, para finalmente determinar una faja de 80 m, por donde pasa el CTRE. Se probó el efecto del diseño ocupando cortes y terraplenes, y una velocidad de diseño de 40 Km/h. La etapa más crítica en este sentido son las pendientes, por lo que se fijó una pendiente máxima deseada que varía entre un 15% a 30% tanto a favor como en contra.

Bajo las condiciones precedentes, se procedió a efectuar el diseño de la red de caminos, mediante el empleo de un software en formato raster. Resulta oportuno mencionar que según Gómez *et al.* (1995), los SIG en formato raster son los más apropiados para realizar el trazado óptimo de caminos, debido a las operaciones de análisis espacial que se deben ocupar. Para ello se contó con información cartográfica en formato digital de las diferentes coberturas que los criterios determinen necesarias para resguardar el medio ambiente. Estas coberturas, mediante álgebra de mapas se unieron para determinar las distintas opciones de diseño.

El análisis geográfico se realizó por superposición de coberturas, reclasificación y tabulación de los resultados. Un supuesto que se utilizó en el modelo es que el camino conecta, de manera ideal, los puntos en una línea recta y plana, es decir, que la rasante del camino debiera poseer la pendiente existente entre los dos puntos a conectar (perfil longitudinal), procedimiento que se realizó para todos los puntos que deban unirse.

Ocupando la metodología propuesta por Mena y Urzúa (2002), se empleó un Modelo Digital de Pendientes (MDP)<sup>1</sup> y un Modelo Digital de Terreno (MDT)<sup>2</sup> - que sirvió de base para la creación del primero - se calculó la altura libre, que corresponde a la diferencia entre la altura real del terreno y la altura que debiera poseer la rasante del camino en ese punto en el plano, la cual quedó definida por la siguiente fórmula:

$$H_{l,b} = MDE - ( H_0 + d \theta_b * P )$$

Donde  $H_{l,b}$  es la altura libre del punto b en metros, MDE, es la altura del área de estudio en m,  $H_0$  es la altura del punto de origen del camino,  $d \theta_b$  es la distancia entre el origen

<sup>1</sup> Se determinó la pendiente entre un píxel de referencia y sus vecinos mas inmediatos, situados arriba, abajo, a su derecha y a su izquierda, y se asignó el valor de máxima pendiente al píxel central o de referencia. Las pendientes se expresaron en grados y porcentaje.

<sup>2</sup> Se obtuvo a partir de un mapa digital con curvas de nivel cada 10 m, provenientes de restitución fotogramétrica.

y el punto b y P es la pendiente media del camino (entre el origen y el destino).

Una vez obtenida esta información, se procedió a calcular la superficie de fricción, que corresponde a la multiplicación de las alturas libres positivas y/o negativas por un factor de ponderación del movimiento de tierra en cortes y terraplenes respectivamente.

Así se obtuvo una cobertura de costos de movimientos de tierra expresada en unidades por píxel, la cual se utilizó como indicador de la resistencia al desplazamiento. El siguiente paso fue calcular la superficie de costos sobre la que se diseñó el camino.

Se generó una superficie de distancias/proximidad (también llamada superficie de costos), donde la distancia se midió como el mínimo esfuerzo de movimiento sobre una superficie de fricción. Los costos se determinaron radialmente a los ejes de la imagen, desde una serie de objetos de referencias (hitos escénicos). Cabe destacar que la superficie de costos se consideró como una superficie con relieve donde la altura de cada celda está determinada por el valor que en ella se representa.

Además se evitó trazar la ruta por sectores aledaños a ríos y humedales, dando la faja de protección que se estipula en la legislación pertinente. Cuando se dio el caso de cruzar éstas, tuvieron un tratamiento similar al costo de movimiento de tierra, asociando una ponderación al cruzar cada tipo de curso de agua a la cobertura hídrica correspondiente, creando una cobertura de costos hídricos.

Dentro del proceso de diseño del camino se incorporó otras temáticas de carácter ambiental restrictivo, como variables que afectaron el trazado final de la ruta.

La erosión del suelo fue estimada utilizando la pendiente como indicador del potencial de erosión. Para determinar la pérdida del suelo derivada de la pendiente del terreno se ocupó un componente de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) (Engel y Srinivasan, 1991; Aguiló *et al.*, 1992) en donde estas dos ecuaciones se usaron para determinar el factor topográfico de la USLE, para pendientes menores de 9% y para mayores e iguales a dicho valor, la cual está compuesta por el factor L (longitud del declive) y el factor S (pendiente), éste último fue el utilizado para el presente análisis:

Pendientes menores a 9%:

$$S = (0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.613$$

Pendientes mayores o iguales a 9%:

$$S = (s / 9)1.3$$

Donde S es el factor de pendiente USLE y s es la pendiente del terreno en porcentaje.

Las formaciones vegetacionales tuvieron un carácter restrictivo, para ello se calificó la

representatividad de la formación o la presencia de especies de flora o fauna con problemas de conservación y/o especies declaradas monumentos naturales, de forma tal que el trazado evite estos sitios.

De la misma forma se evaluó los tipos de suelos, que por sus características edáficas resultaron en suelos escasos, raros, suelos cuya superficie a nivel local sea reducida, o cuyo nivel freático pueda crear problemas producto de la variabilidad de esta en las distintas épocas del año.

Asimismo se consideraron todos aquellos elementos naturales que se encuentren incluidos en el libro rojo de la flora nativa y los sitios prioritarios para la conservación (Squeo, 2008), el libro rojo de la fauna Chilena (Glade, 1993); especies enmarcadas en la Convención sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES), Zonas Húmedas de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas (Sitios RAMSAR), especies protegidas por la Convención sobre Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres; áreas cuya conservación sea prioritaria en la estrategia nacional o estrategias regionales para la conservación y uso sustentable de diversidad biológica.

Finalmente, se unieron todas las variables, tanto aquellas restrictivas (criterios ambientales) como los costos del mismo, se analizaron los posibles trazados detectados para unir los puntos determinados como hitos escénicos y se seleccionaron aquellos que presentaron un menor impacto adverso sobre el medio ambiente y con costos de construcción menores. Se realizó la prueba t de Student para ver la existencia de diferencias significativas entre las distintas alternativas de tramos.

Con el objeto de minimizar los impactos ambientales y proponer medidas que mitiguen estos sobre el medio, se procedió a revisar bibliográficamente los efectos de este tipo de proyecto lineal y adecuarlos a la realidad de la ruta escénica propuesta.

### **Sistematización de los procedimientos utilizados en la metodología general**

En este punto se procedió a identificar, ordenar y clasificar las etapas y procedimientos generalizables descritos en la metodología de los objetivos anteriores, de manera de capturar los hechos o interrelaciones de ésta, tratando de dar una visión estructural, coherente y global; buscando ser la base para un mejor conocimiento compartido de la metodología y para la apropiación colectiva por parte de sus diversos actores.

## RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos de manera secuencial y ordenados de acuerdo a los objetivos presentados en la metodología.

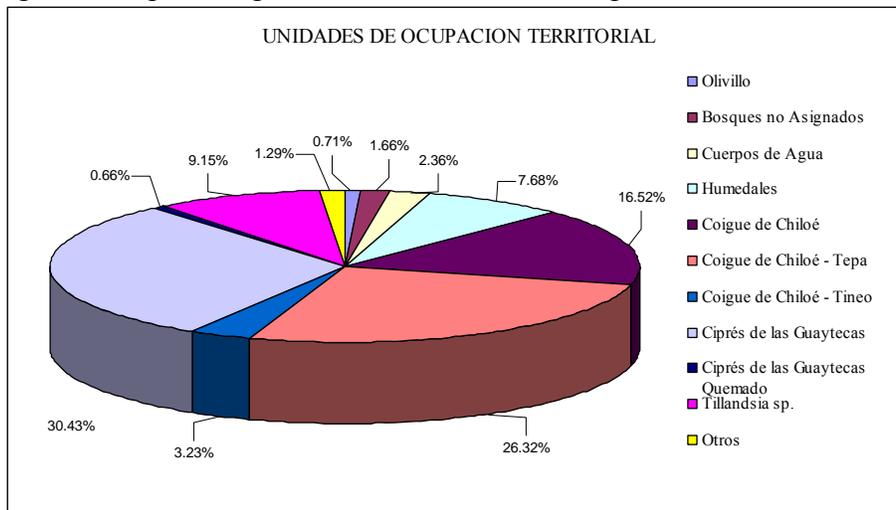
### Determinación de las variables para evaluar la belleza escénica y sus hitos.

En este apartado se dan a conocer los resultados referidos al inventario y caracterización de las UTH, la calidad visual del paisaje y la selección de sus hitos escénicos.

### Inventario o caracterización del área de estudio a través de las Unidades Territoriales Homogéneas (UTH)

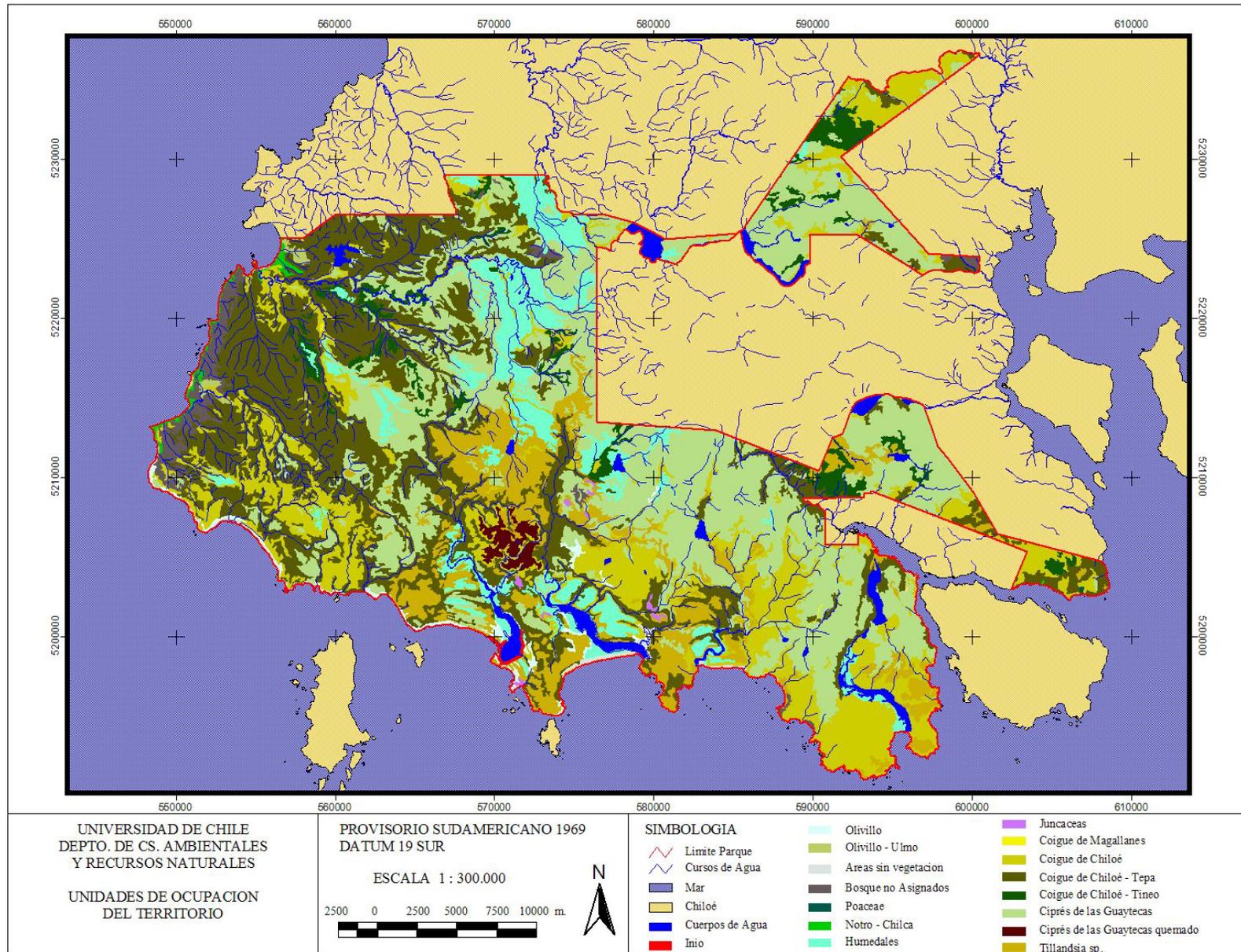
Se determinaron 17 unidades de ocupación del territorio, siendo las más representativas Ciprés de las Guaytecas y Coigüe de Chiloé, abarcando cerca del 56% de la superficie del parque. La distribución de superficies por unidad se observa en el Figura 1 y su distribución geográfica en la figura 2.

Figura 1. Expresión gráfica de distribución de superficies de cada unidad.



En la figura 1, las unidades de representación menor al 0.5% fueron consideradas como "Otros" para mejorar la expresión gráfica.

Figura 2. Expresión gráfica de las Unidades Territoriales Homogéneas en el Parque Tantauco



## Caracterización de las UTH de acuerdo a

### Singularidad

Más de la mitad de la superficie es de una singularidad Muy Baja (58.54%), mientras que solo un 8% corresponde a la categoría Muy Alta, correspondiendo principalmente a cuerpos de agua y bosques de olivillo (ver Figura 3).

Cuadro 2. Porcentaje y superficies de Singularidad

SINGULARIDAD	%	Ha
Muy Alta 	8,1	8.828
Alta 	16,8	18.331
Media 	16,5	17.997
Muy Baja 	58,5	63.762

### Diversidad

Las categorías de Muy Alta, Alta y Media representan tan solo el 4% de la superficie del parque (0,04%, 0,51% y 3,49%, respectivamente) y en su gran mayoría se sitúan en las cercanías de cursos de agua. El porcentaje restante corresponde a las categorías de Baja y Muy Baja Diversidad. Este comportamiento se explica por el hecho de la baja variabilidad de parches en el parque, que resulta en una baja diversidad de los mismos (ver Figura 4).

Cuadro 3. Porcentaje y superficies de Diversidad

DIVERSIDAD	%	Ha
Muy Baja 	65,5	71.522
Baja 	30,4	33.158
Media 	3,4	3.806
Alta 	0,5	554
Muy Alta 	0,04	42

### Naturalidad

El 90.3% de la superficie del parque corresponde a una naturalidad Muy Alta, mientras que solo el 0.06% de la superficie se condiciona a muy Baja, correspondiendo a la faja de los caminos existentes en el Parque (ver Figura 5).

Cuadro 4. Porcentaje y superficies de Naturalidad

NATURALIDAD	%	Ha
Muy Baja 	0,06	63
Media 	5,6	6.111
Alta 	4,0	4.386
Muy Alta 	90,3	98.356

### **Fisiografía**

De todas las categorías, la que representa una mayor superficie es la Alta, con un 85%, mientras que la Muy Alta, con un 5% corresponde a las zonas altas que coincide con bosques siempreverdes prístinos o con presencia de cuerpos y cursos de agua (ver Figura 6).

Cuadro 5. Porcentaje y superficies de Fisiografía

FISIOGRAFIA		%	Ha
Baja		7,7	8.419
Media		1,5	1.707
Alta		85,3	93.055
Muy Alta		5,4	8.419

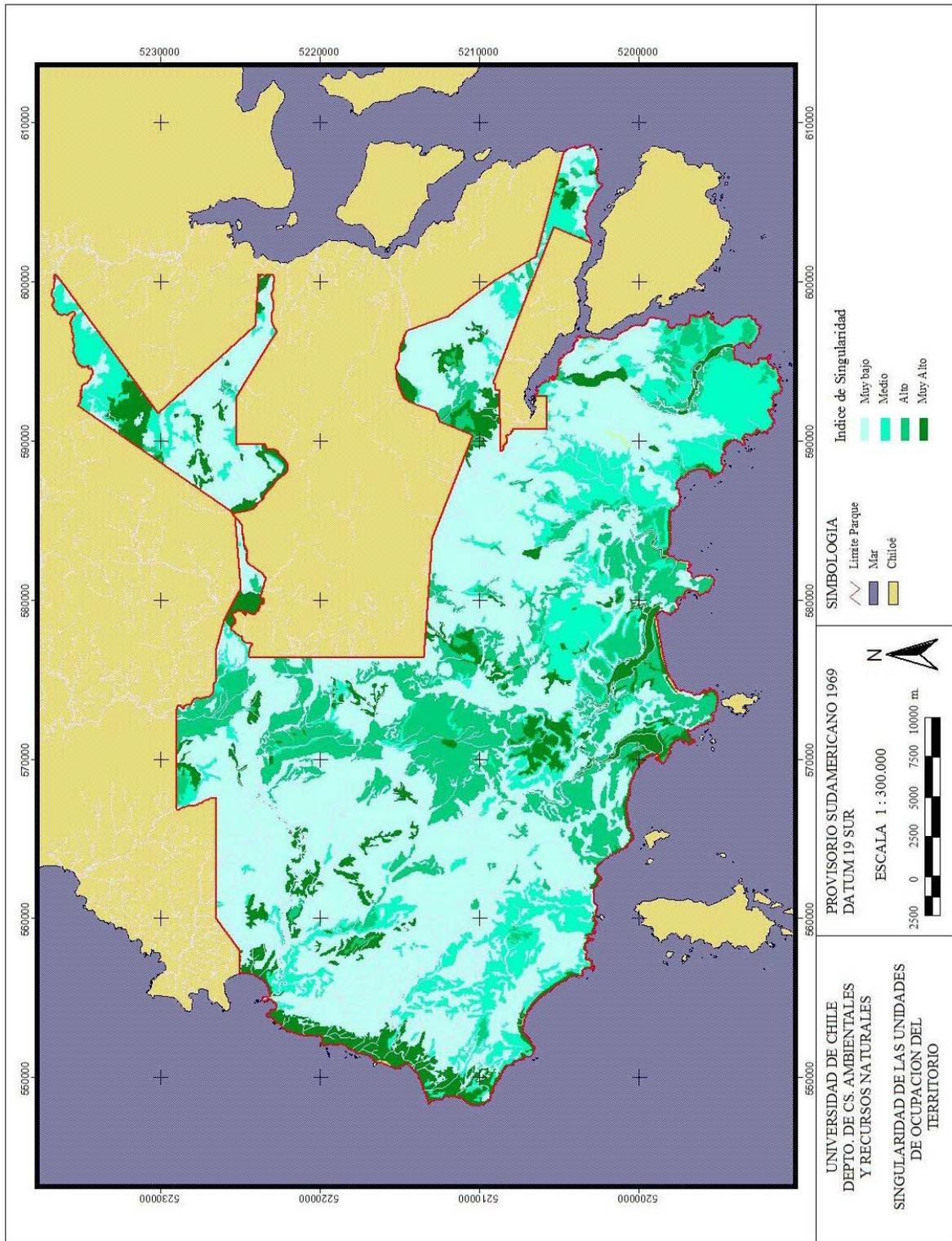


Figura 3. Expresión gráfica de la Singularidad en el Parque Tantauco.

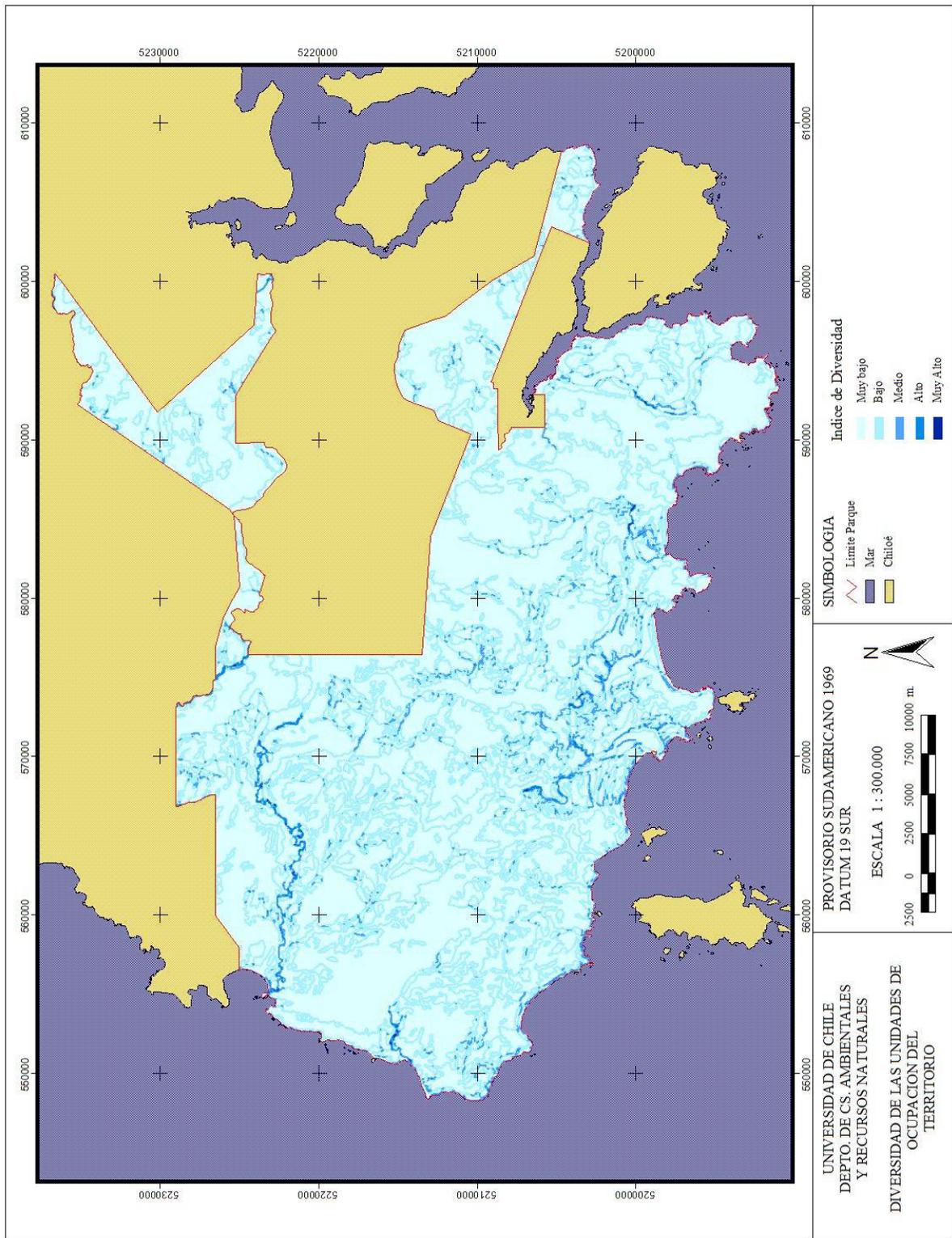


Figura 4. Expresión gráfica de la Diversidad en el Parque Tantauco

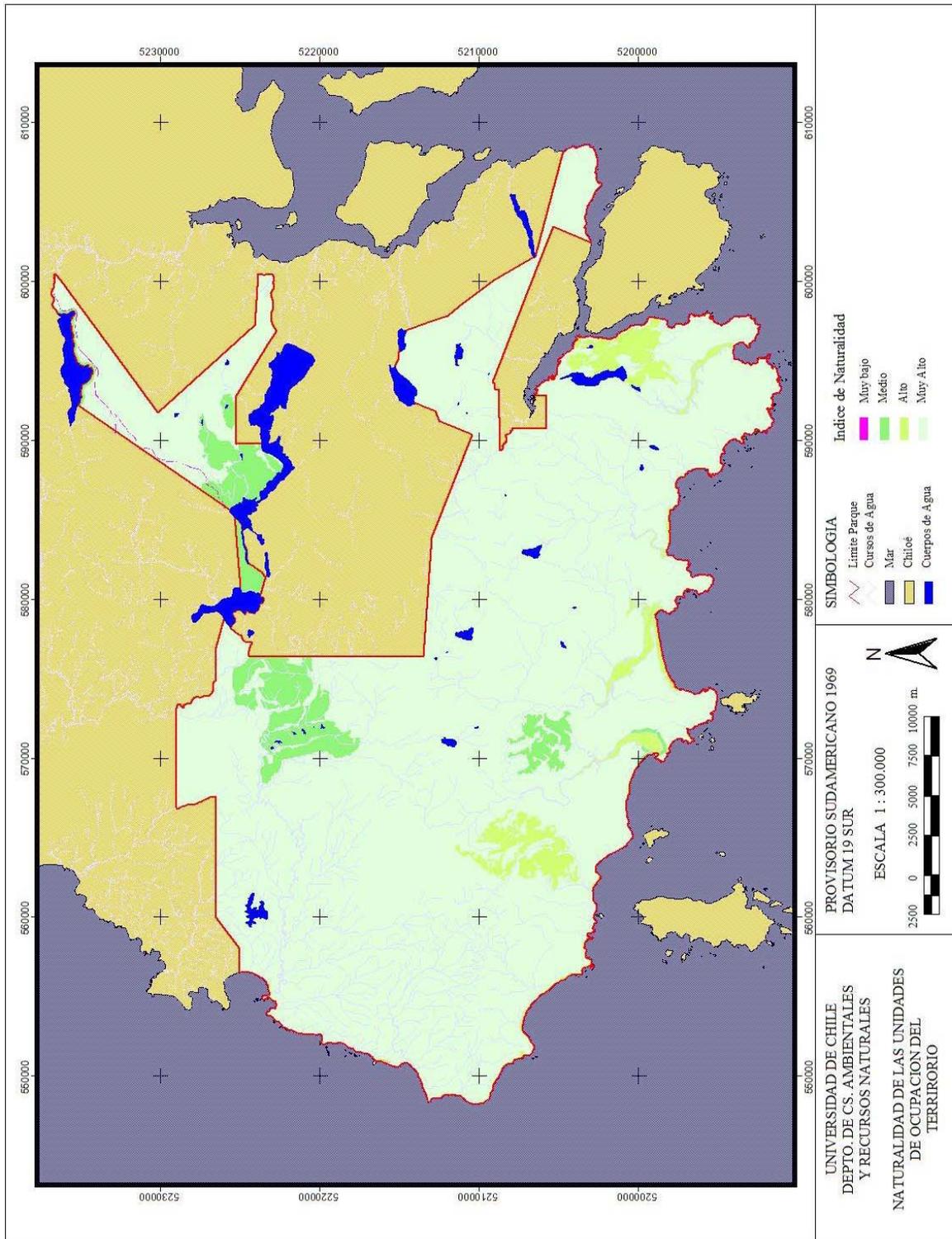


Figura 5. Expresión gráfica de la Naturalidad en el Parque Tantauco

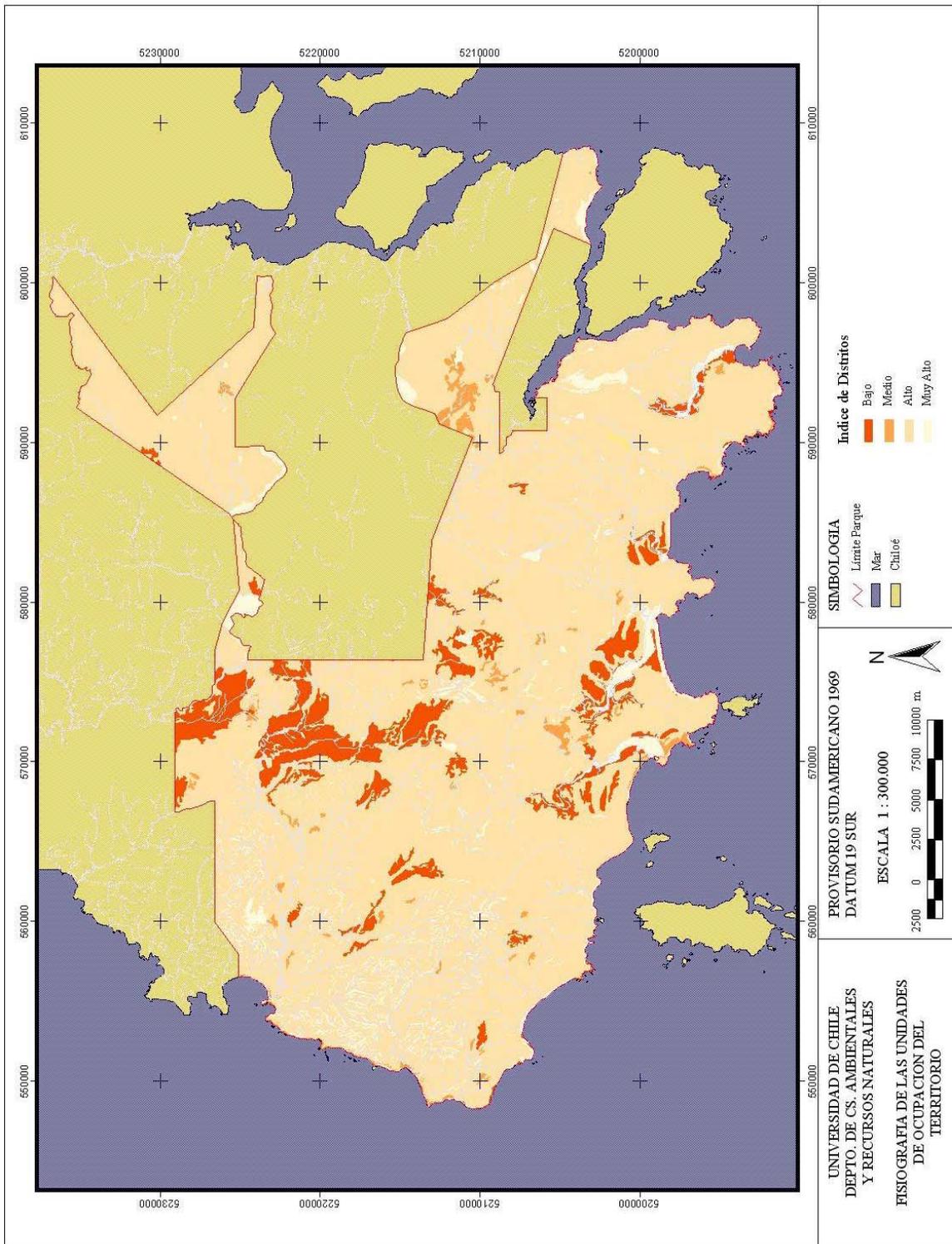


Figura 6. Expresión gráfica de la Fisiografía en el Parque Tantauco

### Calidad visual del paisaje

El análisis arrojó que menos del 1% de la superficie del parque corresponde a un Índice de Belleza Muy Alto, concentrándose en los alrededores del río Zorra en la zona norte del parque y en la caleta de Inio, Punta Roble y Bahía Quilanlar, en la zona sur. Por su parte, las categorías de Alta y Media concentraron el 97% de la superficie total. En la categoría Baja se encuentran las zonas quemadas cubiertas de renovales de la zona del Lago Chaiguata y en la parte central del Parque. La distribución geográfica de la calidad de belleza puede observarse en la Figura 7

Cuadro 6. Porcentaje y superficies de Calidad Visual del Paisaje

CALIDAD DE BELLEZA DEL PAISAJE	%	Ha
Muy Alta	0,2	171
Alta	35,5	39.135
Media	62,3	68.592
Baja	2,0	2.202

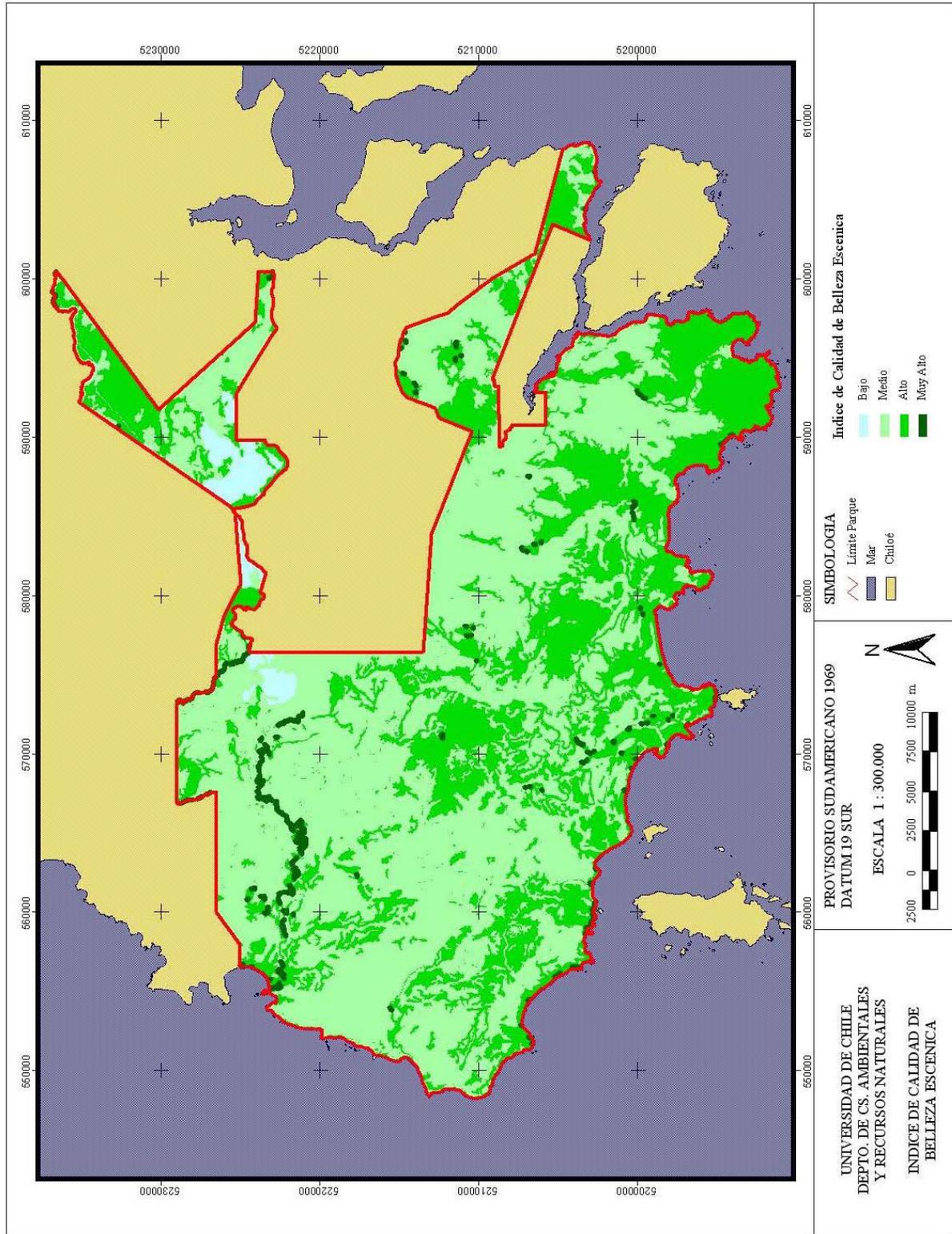


Figura 7. Imagen que muestra la distribución espacial de la Belleza Escénica en el Parque.

### Selección de hitos escénicos incluidos en el modelo.

Se seleccionaron sobre la base de distancia y orientación, hacia y desde los puntos de origen y destino propuestos.

Estos fueron, según se muestra en la figura 8.

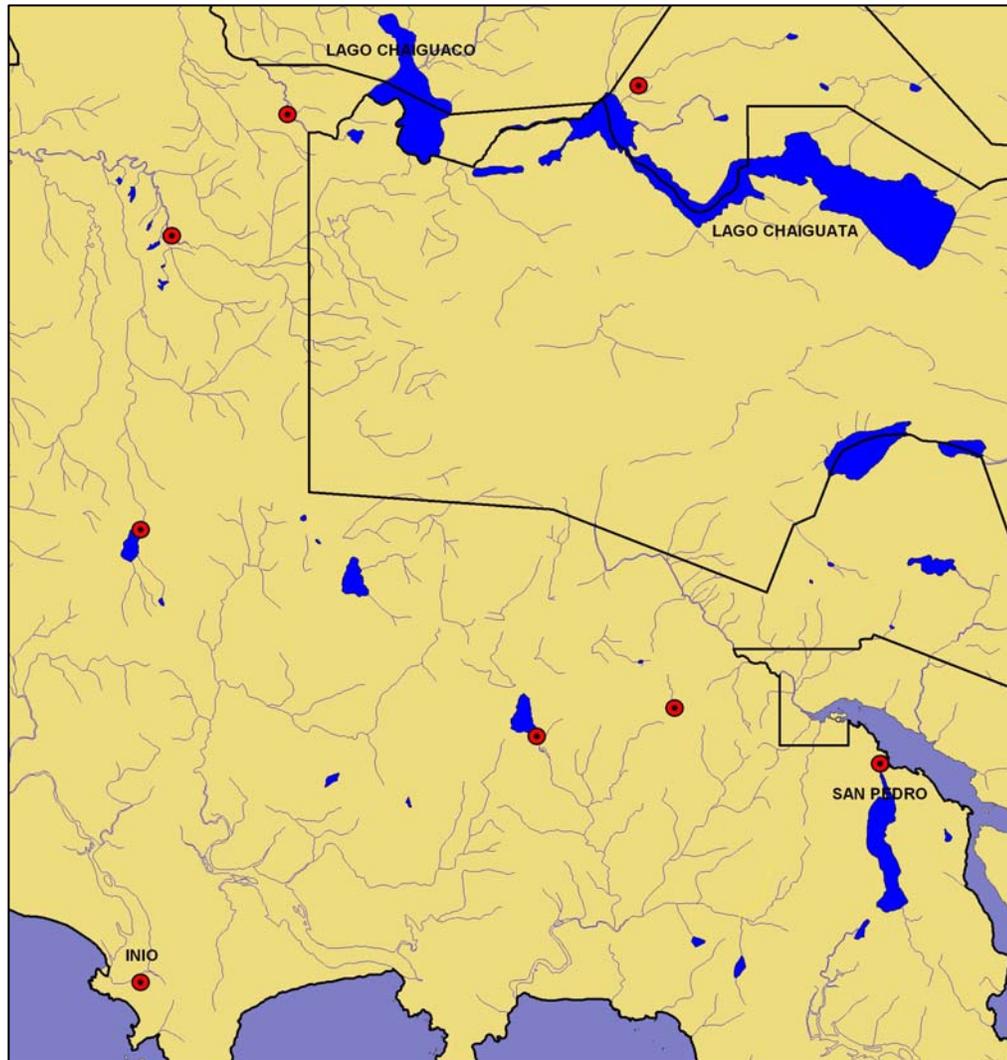


Figura 8. Imagen que muestra en rojo la distribución espacial de los hitos de Belleza Escénica en el Parque

## **Evaluación de los caminos existentes en el Parque Tantauco en función de la belleza escénica y proposición de medidas de mejoramiento.**

En este apartado se dan a conocer los resultados de la evaluación de los caminos existentes y sus propuestas de mejoramiento.

### **Evaluación de los caminos existentes**

En el parque solo encontramos un camino, presente en la zona norte del parque, uniendo la ruta 5 Sur con el Lago Chaiguata, éste corresponde a un camino rural, con carpeta de ripio y tierra de baja calidad, de 40 kilómetros de extensión. El uso de éste es compartido con la comunidad desde la ruta 5 hasta el cruce hacia Pampa Medina, siendo de uso exclusivo el tramo comprendido entre este cruce y el Lago Chaiguata, equivalente a 10 kilómetros. Corresponde a un trazado creado y diseñado el año 2001, construido con fines de explotación forestal, presenta una faja excesiva, alcanzando en algunos sectores los 40 m, al recorrerlo se observan sectores con deficiencias en el drenaje y mal diseño topográfico del mismo. En cuanto a los taludes, estos se encuentran con grandes troncos y ramas enterradas, demostrando desinterés por los aspectos ambientales y escénicos al momento de la construcción, siendo este el principal punto a corregir.

La ruta existente está trazada a lo largo de cinco tipos de unidades territoriales homogéneas, con una longitud total de 21.307 metros, afectando una superficie de 63,8 hectáreas, incluida la carpeta de rodado. De las unidades afectadas las mas intervenidas son de *Nothofagus nitida* y *Pilgerodendron uviferum*, con el 37,68 y 30,49% respectivamente.

Cuadro 7. Unidades territoriales homogéneas en la ruta existente.

UTH	Tipo de carpeta	Sup (ha)	Long (m)	% Sup
Humedales	Ripio	3,5	1.170,9	5,53
<i>Nothofagus nitida</i>	Ripio	24,1	8.010,5	37,68
<i>Nothofagus nitida, Laurelia philipiana</i>	Ripio	4,1	1.382	6,48
<i>Nothofagus nitida, Weinmannia trichosperma</i>	Ripio	12,6	4.258,1	19,82
<i>Pilgerodendron uviferum</i>	Ripio	19,5	6.486,2	30,49
		<b>63,8</b>	<b>21.307,7</b>	<b>100,00</b>

De acuerdo al grado de deterioro o intervención en el proceso constructivo y a la revegetación natural actual presente en el lugar, se determinaron las zonas o puntos críticos presentes en la ruta.

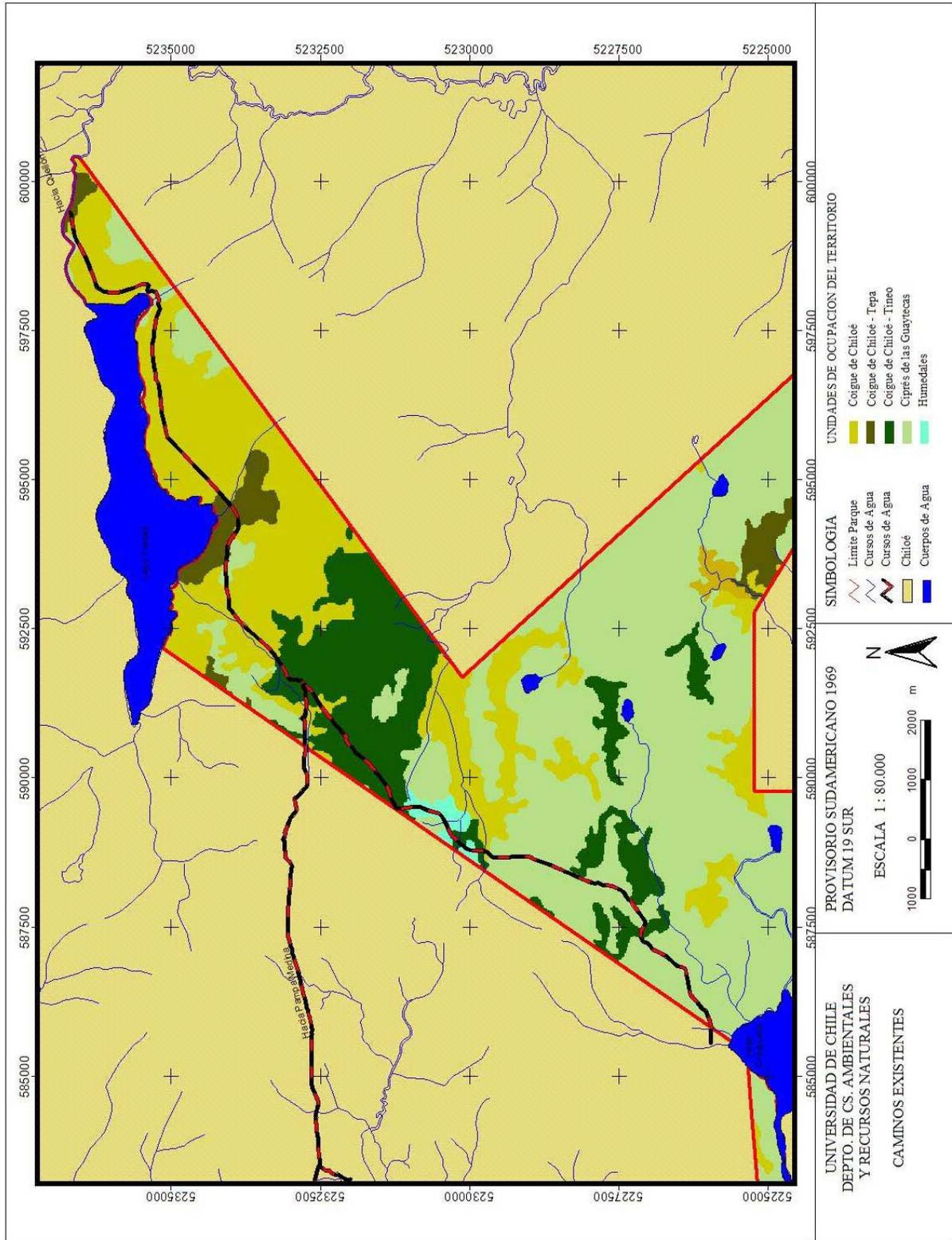


Figura 9. Distribución espacial de las rutas existentes en el Parque.

### **Propuesta de medidas de mejoramiento**

Para restaurar las áreas degradadas por efecto de la construcción de obras civiles, particularmente los taludes de corte de obras lineales, es absolutamente necesario generar una cobertura vegetal que lo proteja y lo integre progresivamente al paisaje, cuestión que por cierto es compleja, puesto que este proceso debe hacerse con rapidez, con el objetivo de evitar la erosión hídrica y/o eólica que naturalmente afectan en gran medida a las superficies con fuerte inclinación (Moscoso, 2003). Para este concepto, entenderemos como Restauración Ambiental: “conjunto de técnicas y métodos que tienen como objeto la revegetación de suelos degradados por las actividades humanas para integrarlos en el paisaje y disminuir y estabilizar los procesos erosivos...” (González y Cifuentes, 1998).

Debido a que el plan de restauración se realizará varios años después de la construcción del camino, esta propuesta se centrará y priorizará de acuerdo al nivel de intervención e índices de calidad visual del paisaje, concentrándose básicamente en el manejo de taludes y no en el mejoramiento de la carpeta de rodado, enumerando para esta última solo algunas recomendaciones generales. Algunas medidas generales para la mantención de la carpeta de rodado son la adecuada mantención del perfil del camino y las obras de drenaje en buen estado, para favorecer y facilitar la evacuación del exceso de agua. Si es posible, restringir la circulación de todo tipo de vehículos cuando el terreno esté muy húmedo y mejoramiento del material de la carpeta de rodado. En general, una ruta bien diseñada y mantenida es clave para garantizar el acceso al área y poder realizar todas las actividades en el marco del manejo sustentable.

Los taludes son sectores sometidos a diversos procesos de erosión, para controlarlos se diseñan y aplican diversos sistemas de control entre los que se encuentra la restauración por medio de vegetación. Los taludes sin medidas de protección presentan una lenta sucesión ecológica, a partir de la vegetación existente en la ladera, la que entra en competencia con la erosión. El establecimiento de la cubierta vegetal es el primer paso para que se vuelva a establecer un ecosistema autosuficiente, diverso y resistente a las perturbaciones (Newman y Redente, 2001; Ormerod, 2003; Li *et al.* 2006). Además está ampliamente demostrado el papel de la cubierta vegetal en la protección del suelo contra la erosión (Elwell y Stocking, 1976; Arnáez *et al.* 2003) así como en la mejora de las características del mismo. La vegetación es un método barato de control de la erosión frente a otras técnicas que utilizan materiales artificiales como por ejemplo los geotextiles (Muzzi *et al.* 1997; Robichaud *et al.* 2000; Greenwood *et al.* 2004). Por todo esto, devolver la cobertura vegetal a las zonas alteradas se plantea como una prioridad.

El hecho que solo encontremos unas pocas especies que han sido capaces de colonizar con éxito los taludes de forma natural nos hace pensar que este grupo de especies, tienen una ecología determinada, que las hace capaces de superar las malas condiciones impuestas por estos ambientes. Estas especies son las que se deberán utilizar en restauración. De forma general la utilización de especies locales para revegetar garantiza la adaptación de estas a las condiciones ambientales locales (Brown, 2005).

Se debe tener presente que el proyecto de restauración se debe ajustar a la topografía, el sustrato y la vegetación original, minimizando las alteraciones y reteniendo la cobertura vegetal y el suelo original. Dada la complejidad de los factores mencionados, es difícil que una fórmula de revegetación estándar pueda dar resultados óptimos.

En general, los taludes presentan condiciones inadecuadas para el desarrollo de la vegetación, producto del proceso de construcción de estos, tales como la pobreza edáfica y la compactación de los materiales que lo conforman. Es frecuente también en taludes antiguos, la presencia de regueros y cárcavas e incluso problemas puntuales de inestabilidad y socavamiento de la base del talud provocados fundamentalmente por deficiencias en el control de escorrentías superficiales y subsuperficiales (Moscoso, 2003).

Para implantar la vegetación es necesario realizar una serie de acciones de preparación con el objetivo de corregir las deficiencias mencionadas, creando en la zona de deteriorada condiciones topográficas, de drenaje y calidad del sustrato adecuadas. Para ello se proponen tres tipos de medidas:

#### **Remodelado y control del drenaje**

Comúnmente, la cabecera del talud, pie y bordes laterales, presentan perfiles de alta pendiente, que ofrecen condiciones adversas a la revegetación y mayor exposición de la estructura a los efectos de la erosión provocada por la escorrentía superficial, la acción eólica y el desecamiento. Por esta razón es que los perfiles deben ser redondeados mecánicamente, facilitando de esta forma el enraizamiento de la vegetación y disminuir o eliminar los efectos de la erosión.

De presentarse taludes con superficies afectas a erosión tales como líneas de erosión laminar, regueros, cárcavas y zonas de abarrancamiento, deben ser tratadas para su desaparición, creando una superficie lisa y perfilada.

En caso de que los materiales sean, muy erosionables, la longitud de la pendiente muy extensa, y los eventos de precipitación sean de intensidad alta, el rol de la vegetación frente a los procesos asociados será limitado, debiendo de esta manera actuar sobre estos para minimizar la intensidad y/o prevenir los procesos erosivos y sus efectos.

Las medidas a tomar en esta dirección deben apuntar hacia los dos factores que determinan estos procesos erosivos:

- Volumen de escorrentía, reduciendo el ingreso de agua al interior del talud.
- Velocidad de escorrentía, disminuyendo la longitud efectiva de la pendiente.

La reducción del volumen de escorrentía a través de la disminución del ingreso de agua, se hace a través de la construcción de cunetas en la cabecera del talud, interceptando estas las aguas de escorrentía generadas en el entorno del talud y, conduciéndolas hacia fuera de la estructura a través de la pendiente dada a la canaleta en los bordes del talud.

Por su parte, la reducción de la velocidad de escorrentía a través de la reducción efectiva de la pendiente, se hace mediante la construcción de una serie de bermas o banquetas, transversales a la línea de máxima pendiente y con contrapendiente de 0.5 - 1%, las que deben tener una zanja en su interior que conduzca el agua interceptada a través de una caída transversal a la línea de máxima pendiente hacia los bordes del talud. Las bajada o drenes laterales del talud serán las vías de evacuación final.

La construcción de barreras de disipación se hace para reducir la velocidad del agua de escorrentía que discurre por la superficie del talud y con ello sus efectos erosivos. Estas construcciones son barreras transversales a la pendiente formadas por piedras, ramajes, matojos de paja etc., que frenan el paso del agua disipando su energía cinética y por ende la erosividad asociada aguas abajo.

### **Preparación mecánica del sustrato**

El proceso fundamental en esta etapa es el descompactado del terreno, que proporciona los efectos de reducir el volumen de escorrentía, por efecto de la creación de caminos de drenaje e incremento de la velocidad de infiltración, y, en segundo lugar, el aumento de la capacidad de almacenamiento de agua y, por ende, de la profundidad potencial de enraizamiento debido a la reducción de la densidad del suelo.

No existen reglas rígidas para establecer las condiciones idóneas de un terreno, por lo que esta dependerá del método de implantación a usar. Así entonces, para la plantación es casi irrelevante el estado de la superficie del terreno, ya que su preparación se hace con la apertura y relleno de los hoyos de cada planta individual, mientras que en la siembra no solo es básica para la obtención de buenos resultados, sino que la condiciona directamente. No obstante, en ambos casos, la preparación mecánica utilizando maquinaria pesada para la extracción de restos vegetales de grandes dimensiones, como troncos o raíces de árboles que fueron enterrados en la etapa constructiva del camino genera mejores resultados de estabilización y revegetación del talud.

### **Mejoras edáficas**

En general, los taludes no presentan buenas condiciones físicas, químicas ni biológicas para el establecimiento de vegetación y su desarrollo. Los problemas más frecuentes están relacionados con la ausencia de suelo vegetal, nutrientes, bajo nivel de agregación y texturas extremas. El aporte y extendido de suelo es la práctica mas común para corregir esto, su objetivo es crear una superficie con características fisicoquímicas y espesor suficientes que permitan el arraigo y desarrollo de la vegetación a implantar. Puede ser constituido por tierras naturales, de préstamo u obtenida del mismo suelo circundante. Es recomendable que el origen del suelo vegetal sea del sector, aunque su calidad agronómica no sea suficiente, debido a que de esta manera se aporta el banco de semillas propio de las condiciones ecológicas del entorno y este deberá extraerse sólo a partir de la capa más superficial del terreno (sólo los primeros 5 cm) y deberá mantenerse en condiciones de aireación y humectación adecuadas, tan similares a las de la zona originaria como sea posible.

Asimismo, debe cuidarse el espesor del suelo vegetal extendido; espesores excesivos (30-35 cm de espesor) en muchas ocasiones, pueden incluso perjudicar el desarrollo de la cubierta vegetal debido a que las raíces no llegan a penetrar en la cara del talud, y se corre el riesgo que una lluvia arrastre el suelo vegetal y las semillas proyectadas. La práctica demuestra que espesores de 10-15 cm son suficientes para aportar nutrientes a las plántulas y permiten una estabilización más rápida de la cubierta vegetal, reduciendo el riesgo de erosión tras episodios lluviosos.

Para el establecimiento de una cubierta vegetal que favorezca la sucesión ecológica, resulta útil una mezcla de semillas con suficiente diversidad específica (10-15 especies distintas), una alta diversidad en la mezcla de semillas acelera el proceso de sucesión, lo que incide en una mayor estabilidad estructural y funcional del sistema, cumpliendo así el principal objetivo funcional de la restauración, que es el de estabilizar el talud neoformado. Si se desean resultados visuales más inmediatos, la plantación de especies nativas debe hacerse en este punto, considerando la restauración como un regreso a las condiciones existentes en las comunidades naturales originales de cada sector, logrando nuevamente cierta estabilidad sin necesidad de manejo posterior, por lo tanto dichas especies deben coincidir con las propias del entorno.

Para el caso de restauración de las zonas de extracción de áridos, los pasos a seguir no difieren mucho de los del control de taludes: control de procesos erosivos, mejoras mecánicas del sustrato y mejoras edáficas. Junto con estas labores, y dependiendo de las condiciones del lugar, se debe drenar, en caso de ser zonas de inundación. Se recomienda generar cortinas visuales con plántulas de alto valor estético como lo son el chilco (*Fuchsia magellanica*), notro (*Embothrium coccineum*), michay (*Berberis darwinii*) y otras especies de floración vistosa y fácil arraigamiento, seguidas de especies correspondientes al tipo de unidad de ocupación territorial del tramo en cuestión.

Junto a las labores de restauración de taludes y extracción de áridos, debe considerarse la eliminación de riesgos en la ruta, tales como rocas de los taludes propensas a caer o eliminación de árboles débiles en los bordes de la ruta que presenten condiciones de fragilidad. Del mismo modo se debe prestar especial atención a la presencia de especies alóctonas, las cuales deben ser eliminadas y monitoreadas por si existen rebrotes. Junto a esta labor de búsqueda de especies exóticas a lo largo de la ruta se puede retirar todo tipo de desechos inorgánico que se encuentre, bolsas, latas, restos de construcción, etc.

### **Formulación de un modelo para desarrollar el trazado de la ruta que incorpore las variables relevantes, minimizando el impacto ambiental en caminos de tipo ruta escénica**

En este apartado se dan a conocer los resultados referidos al modelo usado para desarrollar la ruta, centrándose en las variables utilizadas, los componentes ambientales

afectados, y las opciones de trazado.

### **Variables ambientales del modelo**

Las variables ambientales son consideradas como un puntaje adicional en relación a los puntajes asignados en la construcción de la ruta, o bien de carácter restrictivo al paso de la ruta escénica. Esto por sí solo no asegura una exclusión de determinadas unidades homogéneas en la generación del trazado final entregado, por lo que el criterio profesional se hace indispensable en la aplicación de este modelo. Las variables restrictivas de carácter ambiental que contempla el modelo son:

#### **Pendiente**

Se excluyen todas aquellas zonas que superen el 30% de pendiente, para ello se considera un puntaje adicional de 50000.

#### **Restricción al cruce de cursos de agua**

Se asoció un puntaje adicional de 5000 para cada curso de agua, en virtud de la relación que tiene cruzar un curso de agua del tamaño del píxel, con la construcción de un camino en corte en similar longitud (píxel de 20x20 m)

#### **Erosión**

Se consideran con puntaje adicional restrictivo de 50000 todas aquellas áreas que arrojen un valor superior a las 4 ton/ha/año de acuerdo a valores entregados por la USLE aplicada.

#### **Formaciones vegetacionales**

De acuerdo al análisis local de las formaciones vegetacionales y considerando su estado de conservación (CONAF, 1989), se dispuso lo siguiente:

Cuadro 8. Intervención de formaciones vegetacionales en el Parque.

UNIDAD	intervenir	%	Area (ha)
Olivillo	<b>No</b>	0,71	768,36
Humedales	<b>Si/No</b>	7,68	8.368,38
Coigue de Chiloé	<b>Si</b>	16,52	17.997,12
Coigue de Chiloé - Tapa	<b>Si</b>	27,98	30.475,60
Coigue de Chiloé - Tineo	<b>Si</b>	3,23	3.522,99
Ciprés de las Guaytecas	<b>Si</b>	30,43	33.139,16
Ciprés de las Guaytecas Quemado	<b>Si</b>	0,66	717,41
Tillandsia sp.	<b>Si</b>	9,15	9.962,95
Pastizales de Poaceas	<b>No</b>	0,01	12,29
Olivillo - Ulmo	<b>No</b>	0,21	225,46
Notro - Chilca	<b>No</b>	0,37	397,76
Juncaceas	<b>No</b>	0,14	148,65
Coigue de Magallanes	<b>No</b>	0,01	7,83

El caso de los humedales tuvo una consideración especial, debido a la gran diferencia

que existe entre los de interior y costeros, permitiendo el paso del trazado por los de interior, que son turberas delgadas y sobre un sustrato sólido; mientras que los costeros son turberas profundas, sobre 1.5m, extremadamente húmedas y afectas a eventos de mareas “altas”<sup>3</sup>, por lo que se excluyen del paso de la ruta. En definitiva, se asignó un puntaje de 50000 a aquellas zonas que no debieran intervenir

### **Fauna**

Se consideró toda la fauna con territorio restringido determinada por el plan maestro del Parque Tantauco, es decir la Zona de Conservación del Huillin y del Zorro Chilote, especies clasificados por la normativa vigente como en peligro de extinción.

### **Sitios RAMSAR**

Según el sitio oficial de CONAMA<sup>4</sup> de los once sitios RAMSAR presentes en Chile, ninguno de ellos se encuentra en la zona en estudio, descartándose esta variable del análisis.

### **Otros Elementos**

En el caso de esta área protegida se incorpora con carácter restrictivo la Sub-Zona Intangible identificada en el plan maestro del Parque Tantauco.

En la zona norte del Parque Tantauco el límite predial coincide con el Lago Chaiguata y el Lago Chaiguaco, razón por cual se incorporó una franja de 1000 m adicionales al territorio, para que el software pueda encontrar un trazado por esta nueva superficie, evitando así el cruce por los cuerpos de agua.

Por otro lado, la Propuesta de la Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad (CONAMA 2002), desarrollada por Comisión Nacional del Medio Ambiente, Región de Los Lagos y apoyados por 26 organismos nacionales, desarrolló el listado de los sitios prioritarios para la conservación en la región, uno de ellos es el Sitio Chaiguata, en el cual se encuentra ubicado el parque.

## **Componentes ambientales afectados, mitigación y consideraciones**

### **Consideraciones generales.**

La planificación y el análisis de rutas son actividades clave para garantizar que un camino satisfaga las necesidades presentes y futuras del usuario, que no se construya en demasía, que minimice los impactos al medio ambiente y a la población a lo largo del camino. Para ello hay que realizar un análisis de transportación con el fin de determinar el sistema de caminos óptimo para la zona, así como las necesidades de los usuarios y la evaluación de las opciones futuras, usando un enfoque de Equipo Interdisciplinario en el trabajo para la planificación.

---

<sup>3</sup> Las mareas altas o vivas tienen lugar cuando el Sol, la Luna y la Tierra se encuentran situados en línea recta, ocurriendo en marzo y septiembre de cada año.

<sup>4</sup> [www.conama.cl](http://www.conama.cl)

Durante el diseño, construcción y operación del camino, se deben adoptar todas las medidas necesarias que apunten a minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente, controlar los elementos y modificarlos si es que se encuentran en condiciones adversas al diseño no previstas. También se deben contemplar monitoreos durante todas las fases de modo de asegurar el logro de los objetivos prefijados. A su vez, los trabajos de estabilización y control de erosión y de sedimentos, se deben ir realizando de forma simultánea, al inicio de la construcción del camino. Esto incluye la instalación de los mecanismos de drenaje como parte del proceso constructivo, es decir, se deben estabilizar las secciones del camino dentro de la misma temporada de construcción, asegurando el funcionamiento de los mecanismos de drenaje, de manera que puedan desalojar el agua rápidamente fuera de la superficie de rodamiento a fin de mantener drenada la superficie sin poner en riesgo su integridad.

Especial consideración debe tenerse con el personal, a los cuales se les prohibirá la corta de flores y frutos de especies nativas, además de la compra y captura de animales nativos (vivos o muertos) a todos los trabajadores asociados al Proyecto.

En términos generales, se debe cumplir con todos los requisitos legales aplicables al proyecto, tales como el almacenamiento y disposición de cada tipo de residuo, así como con las recomendaciones de fabricantes y/o proveedores referidas al tratamiento y disposición de contenedores y otros materiales; normativa referente al ruido, aire, flora y fauna, entre otras.

### **Impactos ambientales.**

El impacto ambiental es el cambio que se provoca al medio ambiente como resultado del producto de un proyecto. Generalmente un proyecto vial origina una serie de impactos ambientales que deben ser controlados mediante programas de mitigación y los costos que éstos originan son atribuibles al mismo. Para la calificación del impacto ambiental se debe tener en cuenta si en la zona afectada por la ruta existen áreas ambientales sensibles tales como: parques, santuarios de fauna y flora, reservas forestales, bosques, ciénagas, humedales, cuencas en ordenamiento, playas marinas, zonas indígenas, zonas arqueológicas, etc., describiendo cualitativamente el grado que puede alcanzar y cuantitativamente el área afectada, con el objeto de darle la viabilidad al proyecto.

Los impactos ambientales en los que incurre la construcción de una ruta se diferencian en tres tipos, según Tsunokawa y Hoban (1997), los impactos directos que se refieren a los efectos inmediatos que ocurren en el sitio de construcción y los alrededores de la ruta; originados por el proceso constructivo, la ejecución de obras complementarias y las actividades relacionadas; los indirectos (también conocidos como secundarios, terciarios, o de cadena) se ligan generalmente de cerca al proyecto, y pueden tener consecuencias más profundas en el ambiente que los impactos directos; y los impactos acumulativos, estos son los efectos multiplicativos o sinérgicos, que pueden entonces dar lugar a daño en la función de uno o varios ecosistemas, tales como la debilitación de la regulación del agua y la capacidad de infiltración de un sistema de humedal por la construcción de un camino que lo atraviese.

El principal impacto ambiental directo que se asocia con los caminos rurales, es el incremento de los procesos erosivos (Burroughs et al, 1991), debido a que en la etapa de construcción de la ruta se produce una acumulación máxima de materiales sueltos, fácilmente erosionables (Hattinger, 1978) Al efectuar la construcción durante la temporada de lluvia, o dejar los suelos desnudos innecesariamente, debido al uso de los métodos de construcción incorrectos, se puede causar mucha erosión. Aún en las áreas de baja precipitación, si se diseña el sistema de drenaje, incorrectamente, una lluvia breve pero intensa, puede erosionar grandes cantidades de tierra, del área más debajo de las zanjas de drenaje. Los deslizamientos y derrumbes de las áreas empinadas pueden causar problemas serios de sedimentación y lodo en las aguas superficiales cercanas. Debido a su mayor potencial para generar problemas ambientales, los caminos que se construyen en las zonas húmedas y empinadas necesitan normas más estrictas y sus costos serán más elevados, que los que se implementan en las áreas llanas. La erosión en taludes y terraplenes da lugar a la formación de regueros y cárcavas, e incluso de zonas inestables de desprendimientos, especialmente en pistas de montaña

Asociado a los impactos Indirectos, encontramos el cambio del valor de la tierra que hoy ya se advierte con notoriedad. Un aumento de presión sobre los terrenos, hecho que se observa a lo largo de toda la vía, pero principalmente en los centros urbanos; degradación del bosque, por extracción forestal sin manejo y reposición por tener mayor accesibilidad; aumento de los riesgos de incendios forestales, caza ilegal, para comercio de carne, cueros y pieles y reducción de servicios ambientales del bosque (ciclo de agua, fijación de CO<sup>2</sup>, subproductos del bosque, turismo de naturaleza, etc.); pérdida de biodiversidad e incremento de especies amenazadas y la invasión de áreas protegidas (parques nacionales). Todo ello conlleva a la reducción del valor paisajístico y turístico de estos sitios de gran valor.

El impacto acumulativo (Tsunokawa y Hoban, 1997), en el contexto del desarrollo del camino, pudo ser la pérdida de vegetación y la erosión eventual en un descanso o mirador del borde de la ruta. El evento se puede explicar como sigue: un corte de carreteras a través de las montañas ofrece algunas vistas espectaculares, y en la ausencia de zonas de descanso señaladas, los motoristas paran indistintamente. La vegetación del borde de la carretera es dañada por el tráfico del vehículo y de pie, y el suelo se queda sin protección. La precipitación subsecuente causa la erosión y la sedimentación de arroyos próximos. La vegetación nunca tiene bastante tiempo de recuperarse (debido a alto volumen de tráfico en el camino), y el problema se exagera en un cierto plazo. Este ejemplo ilustra, el gravamen acumulativo de los efectos es un proceso complejo que requiere el conocimiento extenso de principios y de mecanismos de respuesta ecológicos del ecosistema.

La información relevante identificada para la ruta en estudio, se resume en el cuadro 9, donde se identificaron los impactos ambientales por medio afectado, sus medidas mitigantes y consideraciones sobre el mismo.

Cuadro 9. Componentes ambientales afectados, impactos asociados, medidas de mitigación y normativa aplicable.

		<b>IMPÁCTO AMBIENTAL</b>	<b>MITIGACIÓN</b>	<b>NORMATIVA APLICABLE Y RECOMENDACIONES</b>
<b>MEDIO FISICO</b>	Aire	Deterioro temporal de la calidad.	Riego de superficies Cubrir tolva de camiones Revisión técnica de equipos al día Restricción velocidad de circulación Monitoreo	DS. N° 55/1994. MTT DS. N° 75/1987. MTT DS. N° 144/1961. MINSAL DS. N° 59/1995. MINSEGPRES DS. N° 47/1992. MINVU
	Ruido	Deterioro de la condición acústica.	Barreras acústicas móviles (sectores poblados) Control horarios de operación (sectores poblados) Revisión técnica de equipos al día Monitoreo	DS. N° 146/1998. MINSEGPRES DS. N° 694/2000. MINSAL
	Geomorfología	Modificación de la geoforma Generación de zonas de riesgo por derrumbes en taludes.	Localizar caminos siguiendo curvas de nivel Ajustar el ángulo dependiendo de la naturaleza del material. Ajustar el ángulo del talud en relación a la pendiente del terreno Estabilización de taludes Monitoreo	Los taludes deben ser inmediatamente fijados Evitar agrietar el talud en faenas de mantenimiento.
	Suelo por construcción de ruta	Pérdida y compactación por instalación de faenas Perdida por construcción de ruta Contaminación por hidrocarburos Contaminación por residuos sólidos y líquidos por operación de faenas.	Escarificación de superficies compactadas Mantenimiento de maquinarias en lugares adaptadas para ello Adecuado almacenamiento de hidrocarburos Utilización permanente de recipientes captadores de hidrocarburos y residuos del campamento. Clasificación de residuos y capacitación de los empleados. Monitoreo	Ubicar campamentos en zonas planas y libres. No efectuar movimientos en suelos saturados Buscar suelos de buen drenaje DS. N° 379/1986. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción DS. N° 75/1987. MTT. DS. N° 655/1941. Ministerio del Trabajo y Previsión Social DS N° 148/2003. MINSAL

Cuadro 9. Continuación.

		<b>IMPÁCTO AMBIENTAL</b>	<b>MITIGACIÓN</b>	<b>NORMATIVA APLICABLE Y RECOMENDACIONES</b>
<b>MEDIO FISICO</b>	Suelo por extracción de áridos	Perdida de suelo Contaminación por hidrocarburos Contaminación por residuos sólidos	Mantenimiento de maquinarias en lugares adaptadas para ello Adecuado almacenamiento de hidrocarburos Utilización permanente de recipientes captadores de hidrocarburos y residuos del campamento. Monitoreo	Evitar zonas de importancia ecológica o arqueológica Evitar los lechos de cauces de río Evitar operación de maquinaria en cauces de ríos Evitar carga y almacenamiento de combustible en las cercanías de ríos Mantener taludes firmes y estables Prestar atención a procesos erosivos Restaurar la cantera e integrarla al paisaje
	Hydrología	Alteración de infiltración y cursos de agua.	No verter elementos contaminantes al agua Eliminar todo material sobrante de los cauces Realizar mezclas de materiales lejos de los cursos de agua Monitoreo	Localizar caminos en la parte alta de la topografía Evitar el uso de maquinaria en cursos de agua Mantener permanentemente drenajes laterales y alcantarillas
	Calidad Del Agua	Deterioro Calidad de la calidad del agua por remoción de fondo y bordes del cauce	Realizar mezclas de materiales lejos de los cursos de agua Minimizar el movimiento de tierra en los cursos de agua Monitoreo	Evitar el uso de maquinaria en cursos de agua Proteger bases de obras de arte Estabilizar vados Construir elementos disipadores en las salidas de alcantarillas Remover los desechos de despeje de faja que caigan al curso de agua DS. N° 594 de 1999. MINSAL D.F.L. N° 725/1967. MINSAL D.F.L. N° 1.122/1981. Ministerio de Justicia
	Paisaje	Alteración del paisaje	Ajustar la ruta a las curvas de nivel Todas las obras de arte y señaléticas deben ser de bajo impacto visual Ubicarlos minimizando el impacto visual	

Cuadro 9. Continuación.

		<b>IMPÁCTO AMBIENTAL</b>	<b>MITIGACIÓN</b>	<b>NORMATIVA APLICABLE Y RECOMENDACIONES</b>
<b>MEDIO BIOTICO</b>	Flora y Vegetación	Pérdida de vegetación nativa por remoción	<p>Rescate y traslado de individuos</p> <p>Reforestación según plan de manejo.</p> <p>Ubicación de campamentos en zonas libres de vegetación</p> <p>Prohibir uso de vegetación como combustible</p> <p>Capacitación del personal</p>	<p>Talar hacia el eje central del camino.</p> <p>Trasladar los árboles cortados a un lugar de acopio</p> <p>Se prohíbe el control químico de la vegetación</p> <p>DS. N° 4.363/1931. Ministerio de Bienes Nacionales.</p> <p>DL. N° 701/1974. MINAGRI</p> <p>DS. N° 276/1980. MINAGRI</p> <p>Ley 20.283/2008. MINAGRI</p> <p>Ordinario N° 1.093/1995. CONAF</p>
	Fauna	Desplazamiento de especies de fauna	<p>Plan de rescate de especies de fauna en categorías de conservación</p> <p>Prohibir la caza y pesca furtiva</p> <p>Capacitación del personal</p>	<p>Minimizar la faja de despeje</p> <p>Ley N° 19.473/1996. MINAGRI</p> <p>DS. N° 5/1998. MINAGRI</p>

### Opciones de trazado

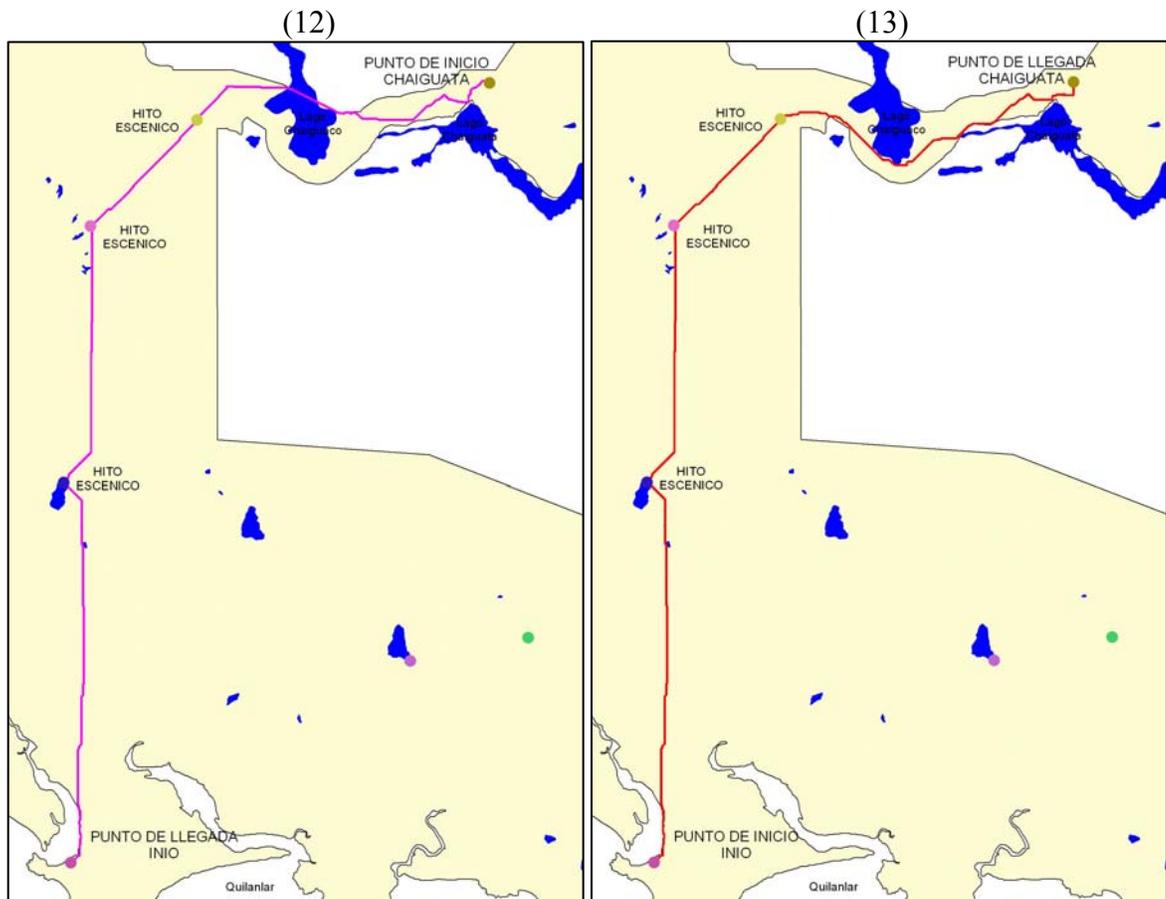
De acuerdo a los resultados del modelo las opciones de trazado son dos, en función de los puntos de origen señalados por el proponente, Lago Chaiguata y Canal San Pedro, Para cada trazado, el software genera dos opciones posibles, una de ida y la otra de vuelta. Estas se representan a continuación.



Figura 10. Trazado Inio – San Pedro, tomando como punto de inicio Inio.



Figura 11. Trazado San Pedro – Inio, tomando como punto de inicio San Pedro



Figuras 12 y 13. Trazado Lago Chaiguata - Inio, tomando como punto de inicio el Lago Chaiguata (12). Trazado Inio – Lago Chaiguata, tomando como punto de inicio Inio (13).

Al comparar las medias de las alternativas de los dos trazados, Inio-Chaguata e Inio-San Pedro, no se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los trazados determinadas por el software, tanto de ida como de regreso a los diferentes puntos de origen, para los valores de longitud y unidades de costo.

### **Sistematización de los procedimientos utilizados en la metodología general**

El cuadro 10 muestra un esquema con las etapas y procedimientos generalizables, dando una visión coherente y global de la metodología utilizada.

		METODOLOGIA	RESULTADOS
OBJETIVO # 1	Determinación de Variables para evaluar belleza escénica	Bibliografía de metodologías Inventario y caracterización del área de estudio en UTH Aplicación de metodología propuesta por Ramos (1979) y Pellicer y Cancero (1982).	Caracterización (variables) UTH según metodología
	Evaluar o determinar hitos escénicos	$VBf = \sum_{i=1}^n VB_i P_i$ Generación de cartografía de hitos	Cartografía de belleza final e hitos
OBJETIVO # 2	Inventario Caminos Existentes	Bibliografía y terreno	Caracterización de los caminos
	Evaluación	Según caracterización belleza escénica (Obj. 1) Revisión bibliográfica	Medidas de mejoramiento
OBJETIVO # 3	Modelo trazado ruta	Metodología propuesta por Mena y Urzúa (2002)	Posibles Trazados de ruta escénica
	Minimizar impactos ambientales	Revisión de Bibliografía	Cuadro de componentes ambientales afectados, sus medidas asociadas y legislación aplicable

Figura 14. Representación esquemática de la metodología de propuestas de mejoramiento de las rutas existentes

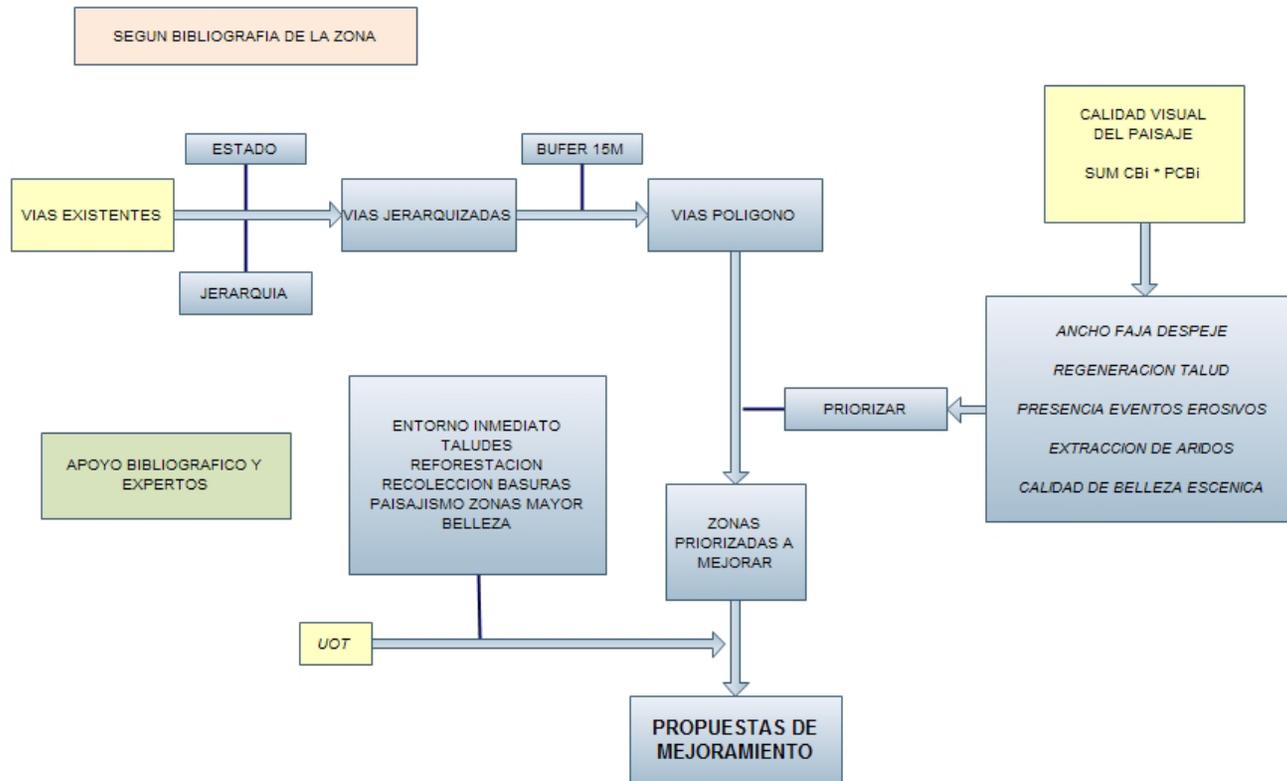


Figura 15. Representación esquemática de la metodología de determinación de belleza escénica.

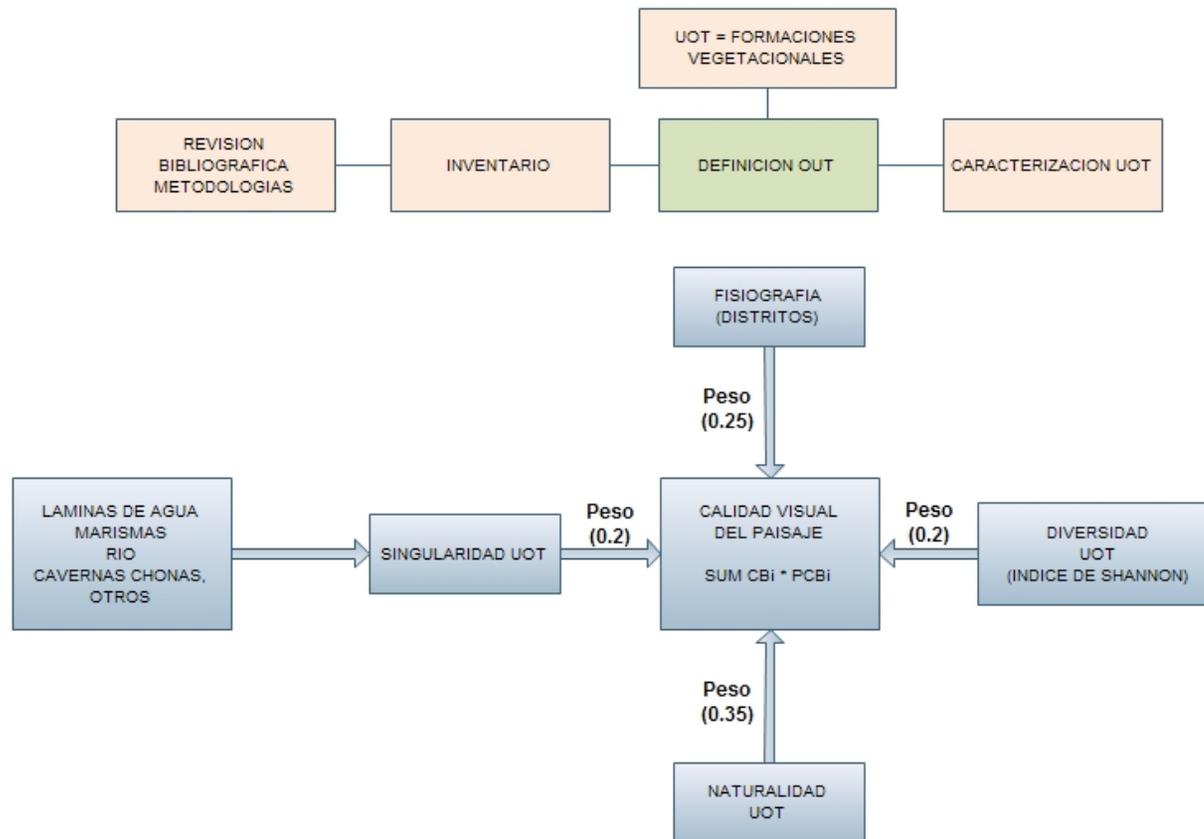
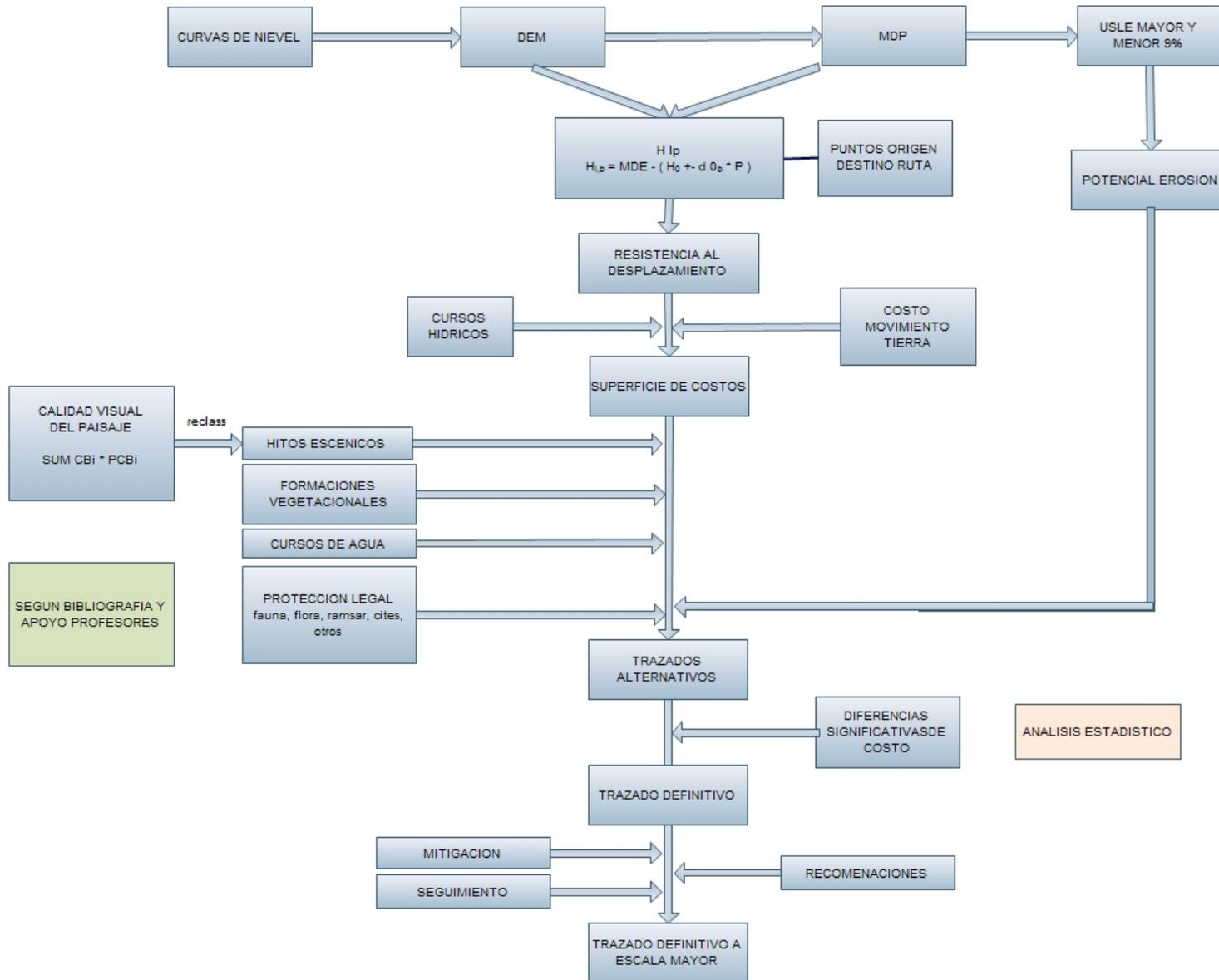


Figura 16. Representación esquemática de la metodología de determinación del trazado de la ruta.



## DISCUSIÓN

Con relación a la eficacia del entorno raster, se confirma que estos programas son aptos para manejar las variables de distribución irregular en el espacio y sobre superficies que, geoméricamente, podemos definir como poligonales, al igual que lo propuesto por Gómez y Bosque en 1999; y en vista de los resultados se corrobora el hecho que estos software son apropiados para buscar el trazado optimo de caminos, debido a las operaciones de análisis espacial que ocupan (Gómez *et al.*, 1995 y De la Fuente y Fernández, 2002). Sin embargo, lo más trascendental corresponde al hecho de ser capaces de integrar las distintas variables temáticas de componente espacial que intervienen en el diseño de un camino (Urzúa, 2001), ratificando que permiten generar modelos y determinar los efectos de las decisiones adoptadas en la planificación.

La baja diversidad (índice de Shannon) que arrojó el análisis desarrollado repercutió en una baja representación del Índice Muy Alto de Calidad de Belleza Escénica del Parque. Estos resultados coinciden y se reafirman con las inferencias de estudios anteriores, en que los valores escénicos se relacionan con aquellos paisajes más heterogéneos visualmente y que, a su vez, presenten altos valores de heterogeneidad espacial (Orland *et al.*, 1995). Estas correspondencias ponen de manifiesto que la calidad escénica reside en una evaluación de la heterogeneidad a pequeña escala del territorio, entre las propiedades visuales y el patrón espacial de la vegetación y usos del suelo (De la Fuente, y Fernández, 2002). La diversidad espacial es un factor trascendental en las preferencias paisajísticas, la satisfacción escénica y las respuestas cognitivas convergen por aquellos paisajes en que los componentes de la estructura espacial del territorio sean un mensaje visualmente atractivo y sugerente en cuanto a su diversidad y variedad pero, a su vez, aparezca de una forma coherente y descifrable (De la Fuente, y Fernández, 2002). Es así como una de las propiedades más significativas de la organización del paisaje es la heterogeneidad espacial (Forman, 1995; Wiens, 1995), dado que las reacciones escénicas están asociadas positivamente con la riqueza y heterogeneidad visual del paisaje (Germino *et al.*, 2001; Stamps, 2003), viéndose esto plenamente reflejado en los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos, referidos a los trazados de las ruta, específicamente en cuanto al microrelieve, al ser contrastado con los conocimientos personales del terreno, muestra algunos errores que repercutieron en la superficie de fricción utilizada por el software (restricciones); esto coincide con el estudio propuesto por Obando (1997), donde estipula que la precisión de esta superficie de fricción está en función de la calidad del levantamiento de los datos y la técnica utilizada en la interpolación del modelo de elevación digital utilizado.

En la práctica, materializar un proyecto de ruta escénica, que cumpla con los requisitos expuestos, debe además contar con una inversión específica en temas de materialidad de obras, señalética turística especializada, miradores y paradas turísticas con equipamiento básico o informativo, senderos peatonales complementarios, promoción e información del

recorrido turístico y mantención acorde con el confort que una experiencia de este tipo requiere.

Una de las principales deficiencias a nivel legislativo es la ausencia de una clasificación funcional de rutas gestionadas por Vialidad. En efecto, en la actualidad los caminos públicos de Chile se clasifican como Internacionales, Nacionales y Regionales, no definiendo ningún atributo particular para ellos. Esto tiene como consecuencia una planificación poco eficiente de las obras, generando en ocasiones el desarrollo de proyectos viales, en zonas sensibles desde el punto de vista ambiental y turístico. Debe mencionarse que una clasificación funcional permitiría establecer estándares de construcción diferenciados, de manera que en las rutas de carácter escénico uno de los parámetros necesarios de evaluar y considerar sería el manejo paisajístico de las obras, con lo cual se aseguraría la no generación de impactos visuales que deterioren, dificulten o restrinjan el desarrollo turístico y ambiental de los sectores aledaños a los caminos públicos de ese tipo.

En Chile lo más cercano a los caminos tipo ruta escénica son los caminos rurales y forestales, por el tipo de ambientes que estos cruzan. Sin embargo, en la planificación y ejecución de éstos la variable ambiental y escénica no es considerada desde la planeación de la ruta, y en algunos casos específicos como en el Parque Pumalín, se toman medidas posteriores a la construcción del camino para su transformación a ruta Escénica.

Las vías arrojadas por el software para los diferentes tramos deben considerarse como guía y orientación para el trazado final de la ruta en el terreno, teniendo especial precaución con la necesaria incorporación de la sinuosidad en la ruta escénica, para así evitar los trazos rectos que atentan en contra de la percepción del visitante. En este tema es irremplazable el buen criterio profesional, la experiencia y el conocimiento que se tenga de la zona donde se emplazará la ruta y debe implementarse en la fase de replanteo de la misma, respetando los grados de libertad determinados por el modelo.

Destaca el hecho que no se observan diferencias significativas en el promedio de los tramos generados por software para los diferentes punto de inicio/final de los trazados, ante esta situación, pueden mejorarse los resultados realizando análisis estadísticos referidos a la búsqueda de diferencias significativas basadas en la superficie de fricción utilizada, volúmenes de tierra que deban moverse, o diferencias en la valoración del paisaje percibida desde los trazados propuestos.

En cuanto al resultado global, como planificación ambiental y escénica de la ruta, resulta difícil discutir los resultados, puesto que la bibliografía existente se centra en algunos puntos del trabajo por separado, como evaluación de belleza escénica, restauración de caminos, trazados de caminos mediante SIG o transformación de caminos existentes en rutas escénicas; sin embargo, no se encuentran trabajos que incorporen desde el diseño y planificación de caminos la variable escénica para una posterior construcción.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones del estudio son las siguientes:

1. Los caminos existentes actualmente en el Parque Tantauco, por su lógica de explotación forestal, se encuentran deteriorados, con gran impacto paisajístico y deben restaurarse.
2. El modelo metodológico formulado en esta investigación para el trazado digital de la ruta escénica del Parque Tantauco, tuvo un adecuado comportamiento y puede ser recomendado para utilizarse en otras situaciones similares.
3. Con relación a la determinación de las variables para evaluar la belleza escénica y sus hitos, se puede inferir la gran calidad escénica del territorio, basada especialmente en su gran naturalidad.
4. El bajo índice de diversidad, producto de la homogeneidad de las formaciones vegetales, influyó negativamente en la baja superficie categorizada como de muy alta belleza escénica.
5. El entorno raster demostró eficacia para manejar variables de distribución espacial irregular del tipo poligonal.
6. Los SIG utilizados tuvieron un buen comportamiento y son apropiados para realizar el trazado de rutas escénicas.
7. Para el replanteo de las rutas escénicas determinadas por esta metodología, se debe contemplar el criterio de sinuosidad para darle mayor belleza al trazado, dado que el modelo solo marca la mejor dirección de la ruta.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguiló, M. et al. 1992. Guía para la elaboración de estudios para el medio físico. España. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. 809 p.

Arnáez, J., Larrea, V., & L. Ortigosa, 2003. Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain. *Catena*. 57, 1:1-14.

Brian, L. y S. Houseal. 1979. Manual para la planificación y diseño de Parques Nacionales. Investigación y desarrollo Forestal. Corporación Nacional Forestal y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1979. 191 Pp.

Burroughs, E., Folz R. & Robichaud, P. 1991. United States Forest Service. Research on sediment production from forest roads and timber harvest areas. Actas del décimo Congreso Forestal Mundial. *Revue Forestiere Francaise. Hors Serie, N°2*. pp, 189-193.

COMISION NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE. 2002. Estrategia Regional para la Conservación y Utilización Sostenible de la Biodiversidad; Décima Región de Los Lagos. 56 Pp.

CONAF. 1989. Red book on Chilean terrestrial flora (Part One). Ivan Benoit C. Editor. Republic of Chile. Ministry of Agriculture. Chilean Forest Service. 151 pp.

De La Fuente, G. y J. Fernández. 2002. La estructura espacial y visual del territorio y su relación con las preferencias paisajísticas. Estudio de caso: los paisajes montañosos de la Sierra de Guadarrama. Serie Documentos N° 38, Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid “Fernando González Bernáldez”.

Elwell, H. & Stocking, M. 1976. Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia. *Geoderma*. 15, 1:61-70.

Engel, B., R. Srinivasan. 1991. Effect of slope prediction methods on slope and erosion estimates in resource magazine. Vol. 7(6):nov.1991. pp. 779-783.

Fernández, M. (1977): El paisaje en la planificación física. Aproximación sistemática a su valoración. Tesis doctoral. E.T.S.I. de Montes. Madrid.

Forman, R. 1995. Land Mosaics. The ecology of landscape and regions. Cambridge University Press, Nueva York, USA.

Gallardo, S. y J. Gastó. 1987. Sistema de clasificación de pastizales. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Depto. De Zootecnia, Sistemas de Agricultura. IISA 87 14. Santiago, Chile.

Gastó, J.; Cosio, F. y Panario, D. 1993. Clasificación de Ecorregiones y determinación de Sitio y Condición. Red de Pastizales Andinos. REPAAN, CIID, Canadá. Quito, Ecuador: 354 pp.

Gastó, J., Rodrigo, P. y I. Aranguiz. 2002. Desarrollo de una metodología para la representación y resolución de problemas de predios rurales. *In* Gastó, J., P. Rodrigo y I. Aranguiz. 2002. Ordenación Territorial. Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Monografías de Ecología y Territorio.

Germino, M., Reiners, W., Blasko, B., McLeod, D. & Bastian, C. 2001. Estimating visual properties of rocky mountain landscapes using GIS. *Landscape and Urban Planning* 53: 71-83.

Glade, A. 1993. Libro Rojo de la Fauna Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Santiago, Chile. 68 p.

Gómez, D. 1978. El medio físico y la planificación. Madrid, Cuadernos del CIFCA.

Gómez, M. y J. Bosque. 1999. Posibilidades y limitaciones del cálculo de caminos mínimos en IDRISI. Cálculo de rutas óptimas para el traslado de residuos tóxicos y peligrosos en el corredor del Henares. Publicado en II Reunión nacional de usuarios de IDRISI, Girona, Servei de Sistemes d'Informació Geogràfica i Tèl·lecció, 1999.

Gómez, M., V. Rodríguez, A. Rodríguez, J. Chuvieco, y E. Chuvieco. 1995. Diseño de carreteras mediante un Sistema de Información Geográfica. Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales III (104). España. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Pp. 361-376.

González, S. y Cifuentes, P. 1998. UPM. La restauración ambiental en las vías de comunicación. Editorial. España.

Greenwood, J., Norris, J., & Wint, J. 2004. Assessing the contribution of vegetation to slope stability. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Geotechnical Engineering*. 157, 4:199-207.

Hattinger, 1978. Influencia de las carreteras forestales en el aumento de la sedimentación y los deslizamientos de tierra a causa de la escorrentía, en McNALLY, J. et al. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. FAO. ROMA.

Hebblethwaite, R. 1973. "Landscape Assessment and Classification Techniques". En: Lovejoy (Ed.), pp. 19-50 (Citado en la Guía metodológica para la elaboración de estudios del medio físico, p. 417).

Li, J., Ren, Z. & Zhou, Z. 2006. Ecosystem services and their values: a case study in the Qinba mountains of China. *Ecological Research*. 21, 4:597-604.

Mena, C. y I. Urzua. 2002. Diseño óptimo de caminos forestales mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 47:27-42.

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES. 1967. D.S. N°531 de 1967, Convención para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América.

MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. 1995. Ley 19.300. Ley de Bases del Medio Ambiente.

Montoya, R., Via, M., Serrano, G. y García, J. SIG, paisaje y visibilidad en la comarca nordeste de Segovia. Dto. Geografía Humana. Universidad Complutense de Madrid. F.E.S. Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 2002. 12 pp.

Moscoso, F. 2003. Principios y fundamentos para la aplicación de bioingeniería de suelos en taludes de corte. Tesis. Universidad de Santiago, Facultad de Ingeniería.

Muzzi, E., Roffi, F., Sirotti, M., & Bagnaresi, U. 1997. Revegetation techniques on clay soil slopes in northern Italy. *Land Degradation & Development*. 8, 2:127-137.

Newman, G. & Redente, E. 2001. Long-term plant community development as influenced by revegetation techniques. *Journal of Range Management*. 54, 6:717-724.

Obando, G. 1997. Evaluación del desempeño de un diseño de vías de transporte menor asistido por computadora para el aprovechamiento selectivo del guácimo (*Goethalsia meiantha*) en un bosque húmedo tropical de tierras bajas ubicado en Sarapiquí, Costa Rica. Tesis M.Sc., Turrialba, C.R., CATIE, 105 p.

Ohreman, J. y K. Thesen. 2003. Planificación de Áreas Silvestres Protegidas "Un manual para la planificación de áreas protegidas en Chile con especial referencia a áreas protegidas privadas. Gobierno de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1 Ed. 169 Pp.

Orland, B., Weidemann, E., Larsen, L. & Radja, P. 1995. Exploring the relationship between visual complexity and perceived beauty. Imaging Systems Laboratory, Department of Landscape Architecture, University of Illinois at Urbana-Champaign

Ormerod, S. 2003. Restoration in applied ecology: editor's introduction. *Journal of Applied Ecology*. 40, 1:44-50.

Pellicer, F. y Cancero, L. 1992. "El Galacho de Juslibol (Ebro medio): zonificación, valoración y propuesta de protección paisajística en un espacio de interés natural". En: *IV Jornadas sobre el paisaje*. Segovia 1992, edición policopiada.

- Ramos, A. 1979. Planificación física y Ecología. Modelos y métodos. Madrid. Ed. EMESA.
- Robichaud, P., Beyers, J. & Neary, D. 2000. Evaluating the effectiveness of postfire rehabilitation treatments. RMRS-GTR-63. USDA Forest service. Rocky mountain research station. Fort Collins, CO. USA. 85 pp.
- Rodrigo, P. y S. Versalovic. 2003. Primer informe nacional a la conferencia de las partes del convenio sobre diversidad biológica”. Gobierno de Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 59 Pp.
- Sancho, J., Bosque, J. y Moreno, F. 1993a: La dinámica del paisaje: aplicación de un SIG raster al ejemplo de Arganda del Rey en Las Vegas de Madrid. Catastro, pp. 35-51.
- Sancho, J., Bosque, J. y Moreno, F. 1993b Crisis and permanence of the traditional Mediterranean landscape in the central region of Spain. Landscape and Urban Planning, 23, pp. 155-166
- Santibáñez, F. 2009. Proyecto “Sistemas de Producción Sustentable para Ecosistemas de Alta Montaña”. Manual para la evaluación de indicadores de sustentabilidad de ecosistemas de alta montaña. Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Stamps, A. 2003. Advances in visual diversity and entropy. Environment and Planning B: Planning and Design 30(3): 449 – 463
- Squeo F, G Arancio & J Gutiérrez. 2008. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. xvi + 456 pp.
- Tompkins, D. y C. Cuevas. 2003. Propuesta al Ministerio de Obras Públicas “Ruta Escénica” Sector Pumalín, Carretera Austral. Documento Actualizado Octubre 2003. 30 Pp.
- Tsunokawa, K. & Christopher, H. 1997. Roads and the Environment: A Handbook. World Bank Technical Report TWU 13 and Technical Paper No. 376. World Bank, Washington, DC. Readers may want to focus on part II of this report, which details specific environmental, social, and other impacts.
- Urzua, I. 2001. Diseño óptimo de caminos forestales mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG). Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal. Talca 2001. 80 Pp.
- Wiens, J. 1995. Landscape mosaics and ecological theory. En Mosaics Landscape and Ecological Processes Hansson (eds. Fahrig, L. y Merriam, G.), pp. 1-26, Chapman & Hall, Londres, England.

WRIGHT, G. 1974. Appraisal of visual landscape qualities in a region selected for accelerated growth. *Landscape Planning*, 1:307-327.