

- Generación de Nueva Información:

Haciendo el balance de la información disponible y seleccionada, se identifican las variables y los elementos en que se requiere una mayor profundización.

TABLA N°1

VARIABLES	ELEMENTOS
FISICAS:	
CLIMA	PRECIPITACION TEMPERATURAS HELADAS
GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA TOPOGRAFIA
AGUA	HIDROGRAFIA
SUELO	TIPO DE SUELO CLASE DE USO FERTILIDAD TOTAL ANALISIS FISICO
BIOLOGICAS:	
VEGETACION	FORMACIONES COMPOSICION FLORISTICA ESPECIES DOMINANTES COBERTURA GRADO DE INTERVENCION
FAUNA	TIPO DE FAUNA SINGULARIDAD ESPECIES

3.2.3 Depuración de la Información

En función de las necesidades del estudio se da forma y tratamiento a los datos obtenidos. Específicamente se definen rangos de pendientes, exposición, pisos altitudinales de vegetación, etc.

3.2.4 Cartografía

Un requisito básico en la selección de variables, es que estas puedan ser vertidas a una carta temática, así toda la información recopilada, verificada y generada en terreno es de tipo cartográfico, lograda a través del uso de distintas técnicas como:

- Fotointerpretación
- Interpretación Imágenes Satelitales
- Sistemas de Información Geográfica

3.2.5 Elaboración Y Análisis de Información

En esta etapa se genera la información de carácter descriptivo, acompañada por cartas temáticas. Esquemáticamente la metodología utilizada se presenta a través del Diagrama de Flujo.

3.3 Análisis de la Vegetación

Para la descripción global de la vegetación y obtener información más específica de las áreas de estudio, se realizó un muestreo en transecto sobre el gradiente altitudinal. En él se determinó para las distintas comunidades vegetales, el grado de similitud entre ellas, cambios en la composición florística, patrón de distribución espacial, cobertura, altura media de las especies dominantes y el grado de intervención antrópica que hoy existe.

El transecto se realizó a partir del sector de estudio de El Canelo, siguiendo la ribera del río Maipo, hasta el pueblo San Gabriel, para luego seguir por la ribera del río Yeso hasta el sector de estudio Lo Encañado y Laguna Negra.

Los puntos escogidos cumplen con semejantes condiciones de situación topográfica, exposición y pendiente. Sobre éstos se recolectó información en una parcela de 100 m², superficie que se considera como mínima para la expresión de una comunidad vegetal de la región (Matteucci, S. y Colma, A., 1982).

El análisis propiamente tal de la vegetación se efectúa a través de los siguientes factores:

1. Similitud entre Comunidades Vegetales

a) Coeficiente de Similitud de Sorensen:

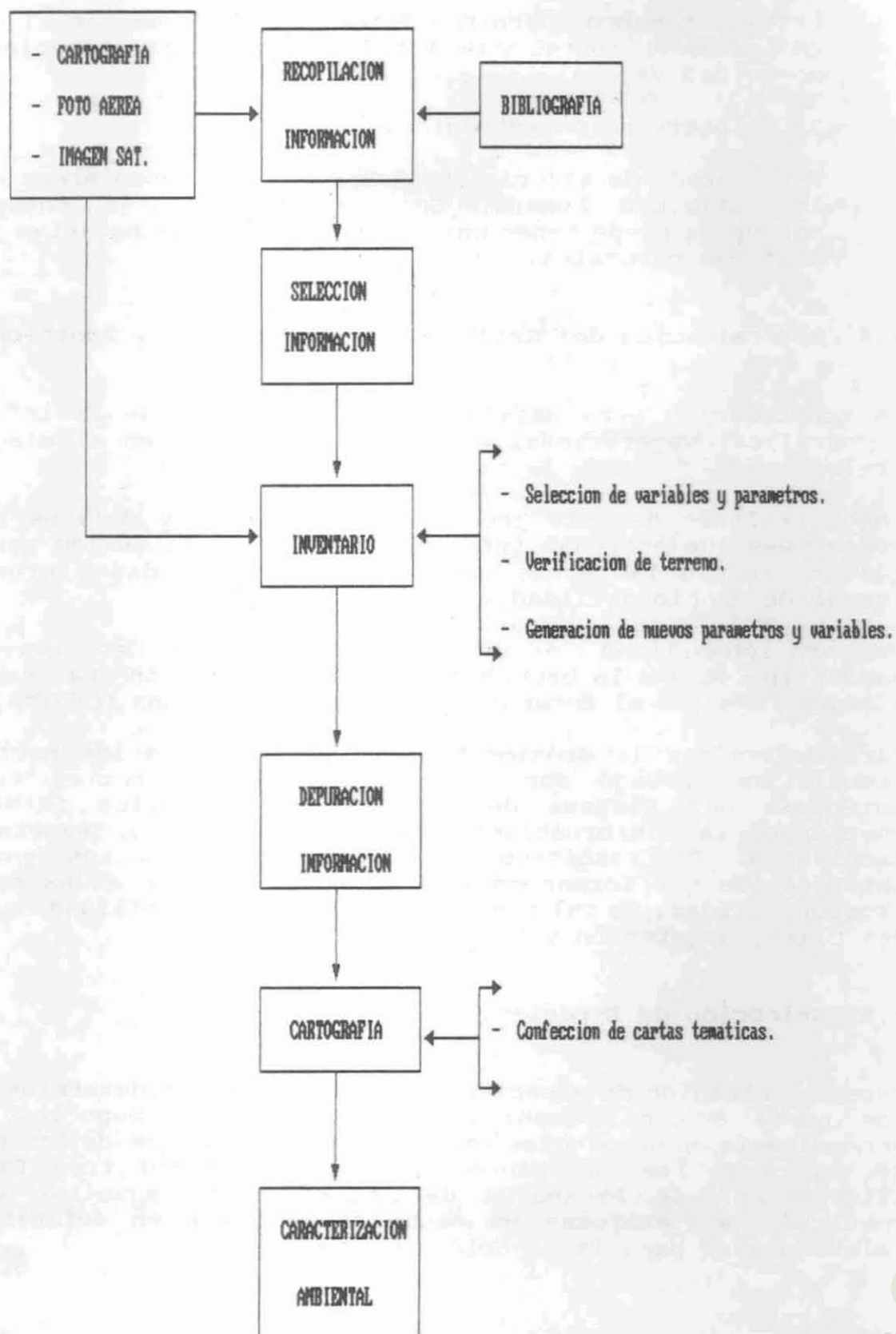
$$S_{1,2} = 200 * c / (a + b)$$

Donde:

- c = Número de especies en común para ambas comunidades
- a = Número de especies de la comunidad "1"
- b = Número de especies de la comunidad "2"

b) Especies Dominantes:

Corresponden a aquellas especies que tienen dentro de la comunidad una mayor frecuencia de individuos.



2. Patrón de Distribución Espacial, Porcentaje de Cobertura y Altura Media de Especies Dominantes.

Estos parámetros permiten determinar como ocupan el espacio, en forma horizontal y vertical, las distintas especies de una comunidad vegetal.

3. Intervención Antrópica

Es el grado de alteración que presenta el ecosistema debido a la actividad humana. Se considera que la intervención antrópica puede tener un carácter positivo o negativo para los sistemas naturales.

3.4 Determinación del Grado de Erosionabilidad y Zonificación

La zonificación está basada en la integración de la información topográfica, vegetacional y geológica generada en el diagnóstico preliminar.

Como resultado de este proceso se establecen y definen unidades homogéneas que entregan información sintetizada de los parámetros que determinan las áreas, según su susceptibilidad a erosionarse (grado de erosionabilidad).

La erosionabilidad o vulnerabilidad a la erosión es la susceptibilidad a la erosión ó el grado de erosión que se prevé va a tener lugar en el futuro en una determinada zona (CEOTMA, 1991).

Para determinar la erosionabilidad existente en los sectores de estudio se trabajó con la superposición de cartas temáticas obtenidas del Sistema de Información Geográfica (PAMAP) que contienen la información referente a clima, vegetación y pendientes. El resultado de la superposición son puntos de intersección que forman zonas homogéneas en base a una escala de erosionabilidad. De tal modo el Grado de Erosionabilidad es función del Clima, Vegetación y Pendientes.

3.5 Selección de Especies

Para la selección de especies ha establecer en un determinado lugar los pasos a seguir son: la preselección de especies, basada generalmente en homologías edafoclimáticas; ensayos de introducción de especies, los que contemplan por lo general tres fases: de Eliminación, de Prueba y de Comprobación; aquellas que han resultado ser exitosas en estos ensayos son en definitiva las seleccionadas para la repoblación forestal.

En la etapa de preselección se identificaron las especies bajo criterios bioclimáticos, la metodología para ello consiste en:

- Revisión bibliográfica de forestaciones en zonas de alta montaña de características ambientales similares a la zona de estudio, tanto en el país como en el extranjero.
- Visita y conocimiento de experiencias desarrolladas en el país.
- Utilización de softwares que contemplan criterios similares a los tomados en este trabajo para la selección de especies.

4. IDENTIFICACION DE PROBLEMAS

El estudio a nivel de diagnóstico tiene como fin identificar problemas y soluciones de acuerdo a las potencialidades de la zona de trabajo.

Para la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS), su principal preocupación es el abastecimiento de agua en cantidad y calidad para la población del gran Santiago. Para ello es necesario tender a la estabilidad del sistema, a través de medidas mecánicas y/o biológicas orientadas a la restauración de la vegetación, mantención y mejoramiento de la biodiversidad de éste y al aminoramiento de los procesos de degradación del sistema.

Los problemas detectados en el área de estudio son los siguientes:

- Sedimentación de cursos de agua, bocatomas y canales
- Pérdidas y daños de infraestructura de captación, por eventos naturales no previstos.
- Indisposición con el sector beneficiado, por la inseguridad en su suministro y calidad del agua.
- Contaminación de las aguas captadas.
- Indisposición con la comunidad aledaña en caso de catástrofe que afecten sus bienes.
- Pérdida de productividad de los recursos naturales.
- Pérdida de capital biológico de alto interés científico.
- Zonas bajo proceso activo de erosión.
- Zonas altamente vulnerables a la erosión.
- Alteraciones microclimáticas.

5. PROPUESTA TECNICA

Implementar acciones técnicas con un criterio equivocado puede ser más dañino que el no utilizarlas.

En la Naturaleza existen múltiples relaciones y dependencias, que están sujetas al factor tiempo para hacer de ellas un sistema que funcione como una estructura en equilibrio y capaz por sí sola de autorregularse frente a fenómenos naturales, todo ello determina su dinámica.

Para lograr esto en un sistema artificial, es necesario que las especies a emplear ya sean nativas o exóticas, puedan adaptarse, estableciendo relaciones y dependencias, de manera que la competencia llegue a valores estables para mantener el medio en un estado similar al original.

En este contexto, la estrategia de la propuesta es efectuar un plan de manejo para las áreas bajo estudio, en base a una ordenación del territorio que responde a una zonificación según las potencialidades y fragilidades de los terrenos.

El manejo de un sistema se dirige principalmente a dos objetivos fundamentales:

- Mantener la calidad tal como existe en un ecosistema natural.
- Proporcionar un ambiente de calidad donde se haya deteriorado, o falte un componente específico del hábitat.

Las medidas de recuperación del hábitat deben cumplir con los siguientes principios básicos.

1. Las medidas deben estar justificadas de acuerdo a las necesidades biológicas y estar basadas en investigaciones.
2. Las prácticas propuestas deben ser evaluadas para conocer los efectos sobre otros recursos naturales.
3. Las medidas deben ser económicamente practicables y especificar si su objetivo es mantener, mejorar o alterar las características existentes.
4. Las mejoras deben simular condiciones naturales. La flora y fauna nativa deberían ser perpetuadas.
5. Las medidas deben ser diseñadas en función a las características topográficas de cada zona.
6. Las medidas deben evaluarse a intervalos regulares para determinar si se han alcanzado los objetivos esperados.

En función de lo anterior la propuesta técnica tiene como premisa:

- "Llevar el Sistema a un estado de equilibrio, por medio de la restauración de la cubierta vegetal, para el aprovechamiento sostenido de la cuenca".



5.1 Acciones Propuestas por Sector

5.1.1 Sector El Canelo

De acuerdo al mapa de grado de erosionabilidad en función de las características de la vegetación y pendiente se identifican en este sector 4 unidades con distinta susceptibilidad a la erosión. Al interior de éstas es posible encontrar situaciones puntuales de mayor o menor vulnerabilidad.

Para efectos de la acciones técnicas propuestas, éstas van dirigidas a la unidad, haciendo énfasis en algunas situaciones especiales.

1. Unidad de Muy Bajo Grado de Erosionabilidad

Esta unidad corresponde básicamente al cauce y laderas adyacentes al curso de agua principal de esta cuenca, proyectándose preferentemente hacia la vertiente oriental, exposiciones Oeste y Suroeste de mayor umbría, con pendientes moderadamente fuerte a fuertes, es decir con pendientes superiores al 20%. La superficie que ocupa es de 73 ha y se distribuye entre los 1.000 a 1.450 m.s.n.m. La vegetación principalmente es nativa correspondiendo en un 70% a la unidad vegetacional Peumo - Litre en la parte superior de esta unidad, y en un 30% a las unidades, Pino Insigne y Eucalipto, ubicadas estas últimas hacia la parte baja de la cuenca.

Acciones Propuestas

- A. Recuperación de laderas con un Sistema Asociado de Árboles, Arbustos y Pastos, entre las Cotas de Altitud 1.500 m a 1.700 m.
- B. Enriquecimiento de la Unidad Vegetacional Peumo-Litre con Especies Nativas presentes en esta Unidad.

2. Unidad de Bajo Grado de Erosionabilidad

Corresponde a una colina en la parte media de la cuenca principalmente conformada entre el Estero El Canelo y el afluente Rincón Negro, ubicado en la vertiente oriental cubriendo una superficie de 45 ha, desde la cota 1045 m a la cota 1550 m de altitud. Esta unidad presenta mayoritariamente pendientes superiores a 45%. Su cobertura vegetal corresponde a la unidad vegetacional definida en la carta correspondiente (Anexo N°5) Litre-Colliguay Denso, presentando una mayor densidad en la ladera de exposición Oeste-Suroeste.

Su mayor vulnerabilidad a la erosión se debe a su conformación de regolitos móviles que se activan en períodos lluviosos, de suelos remanentes y materiales en curso. Esta unidad es además atravesada por la fractura Rincón Negro.

Acciones Propuestas

- A. Forestación de Especies Arbóreas en la Cima.
- B. Recuperación de Sectores en Laderas de Exposición Sur Este -Este y Sur Oeste con Técnicas Silviculturales de Enriquecimiento y Establecimiento.

3. Unidad con Alto Grado de Erosionabilidad

Esta unidad se compone de 2 zonas ubicadas en distintas situaciones geográficas, por lo que son descritas en forma separada.

Zona 1

Ubicada en la vertiente occidental de la parte media de la cuenca (exposición Noreste) cubre una superficie total de 33 has. Corresponde a la unidad vegetacional Litre - Colliguay de estructura arbustiva, con porcentaje de cobertura entre 26 y 50%. Situada sobre una estructura batolítica andina, es una ladera de fuertes pendientes (mayores a 45%) corresponde a una vertiente de excavación generalmente activa en su parte superior constituida por rocas estratificadas dispuestas en forma horizontal con erosión radial rápida.

Acciones Propuestas

- A. Forestación de Especies Arbóreas en la Cima
- B. Recuperación de Ladera con un Sistema Asociado de Arboles, Arbustos y Pastos.

Zona 2

Se ubica en la vertiente oriental, y está constituida por residuos de plateau. Corresponde a una vertiente de flanco de valle activo con regolitos móviles, suelos remanentes y materiales en curso. Como en la unidad anterior, las pendientes son fuertes, superiores a 45%. Presenta una cubierta vegetal definida principalmente por la unidad arbustiva Colliguay-Escallonia, con un porcentaje de cobertura entre 26 y 50%. En su parte sur, la vegetación corresponde a la unidad de estructura arbustiva Colliguay-Litre, con igual porcentaje de cobertura. Esta zona ocupa una superficie de 107,5 ha, en una situación altitudinal aproximadamente entre la cota 1300 m a la cota 1800m.

Acciones Propuestas

- A. Recuperación de Laderas con un Sistema Asociado de Arboles Arbustos y Pastos.

4. Unidad de Muy Alto Grado de Erosionabilidad

Esta unidad cubre una superficie de 31,25 ha, corresponde a la vertiente occidental de la parte baja de la cuenca, situada altitudinalmente entre las cotas 1000 a 1250 m. Se presenta como una vertiente de flanco de valle pasivo. Su cobertura vegetal corresponde a la unidad Colliguay-Escallonia (degradada) y Escallonia-Bollén. La primera unidad presenta una cobertura inferior al 5%, la segunda una cobertura de 6-25%. Las pendientes en esta situación son mayoritariamente superiores al 45%, a excepción de la parte más alta (cima), y la más baja cercana al curso de agua, que presentan una pendiente moderadamente fuerte, entre 20-45%.

Acciones Propuestas

- A. Forestación de Especies Arbórea en la Cima.
- B. Recuperación de Ladera con un Sistema Asociado de Árboles, Arbustos y Pastos.

Estas acciones corresponden a una continuación de aquellas propuestas para la Zona 1 de la Unidad 3. De esta forma, toda la vertiente occidental analizada en este estudio, presentará un mismo trabajo.

5.1.2. Laguna Negra-Lo Encañado

Este sistema de dos lagunas presenta, producto de la zonificación, 3 unidades homogéneas en cuanto a su susceptibilidad a la erosión;

- Unidad de Muy Bajo Grado de Erosión
- Unidad de Bajo Grado de Erosión
- Unidad de Alto Grado de Erosión

Por la situación geográfica del sector; altitud superior a los 2400 m sobre el límite vegetacional en el país; condiciones climáticas extremas, presencia de nieve durante por lo menos 3 a 4 meses en el año y período prolongado de sequía, 6 a 7 meses; con procesos geológicos activos, presenta condiciones extremadamente restringidas para el desarrollo de vegetación mayor o que no corresponda a la allí presente.

Cabe destacar que desde un punto de vista ecológico, especialmente referido a la dinámica de la vegetación, este sistema estaría tendiendo al equilibrio, es decir, en estado climático dinámico.

Sin embargo, en consideración de las inquietudes de EMOS S.A. y los intereses del proyecto, se programan algunas acciones puntuales, en sitios de mayor potencialidad para el establecimiento de vegetación. Estos ensayos tendrán un carácter experimental, dado que no existen antecedentes sobre este tipo de experiencias en la

zona.

Para facilitar la proposición y comprensión de las acciones técnicas recomendadas para el sector, se analiza cada laguna por separado.

Laguna Lo Encañado

1. Unidad de Muy Bajo Grado de Erosión

Esta unidad se sitúa en el sector norte de la laguna, es el piso del Valle Glacial, correspondiendo a la cuenca recolectora de agua que abastece la laguna. En la parte superior presenta pendientes fuertes (>45%) disminuyendo a suaves (3-20%) a medida que se aproxima a la laguna. Su vegetación corresponde a una formación de vegas, sobre suelos orgánicos o minerales con alto contenido de materia orgánica. Actualmente presenta, en términos de procesos erosivos, una fase de acumulación e inundación en la parte más próxima a la laguna y erosión lineal y lateral, en la parte superior y vertiente occidental.

Esta unidad cubre una superficie de 51,9 ha. Pese a poseer buenas características de suelo y pendientes adecuadas para la implantación de una cubierta vegetal de mayor envergadura, no es recomendable desde un punto de vista técnico intervenir esta unidad, puesto que ello significaría producir un impacto ambiental negativo en este sistema, pudiendo disminuir los niveles freáticos, con el consecuente desmedro del abastecimiento de agua a la laguna.

2. Unidad de Bajo Grado de Erosionabilidad

Situado en la parte norte de la laguna en su vertiente oriental, corresponde a una ladera de exposición Oeste con pendientes moderadamente fuerte que fluctúan entre un 20 y 40%. Cubierta por una formación vegetal definida como la unidad Coirón-Ephedra, con una estructura de tipo arbustiva-herbácea y con un 50 a 75% de cobertura. La erosión actual que se observa en esta unidad es Areal Lenta.

Por sus características esta en un estado relativamente estable y frente a la posibilidad de tener un efecto no deseado por algún tipo de intervención no se propone ninguna acción para esta unidad.

3. Unidad de Alto Grado de Erosionabilidad

Situada en la parte sur de la laguna, esta unidad cubre una superficie de 46,9 ha con pendientes entre suaves a moderadamente fuertes, 3 a 20% y 20 a 40% de pendiente. Su cubierta vegetal corresponde a un coironal con un porcentaje de cobertura entre 26 al 50%. Presenta erosión lineal y areal con una fase de acumulación e inundación en su parte central.

En esta unidad existen dos áreas que presentan cierta potencialidad para el establecimiento de vegetación mayor. La primera de ellas es una loma con pendiente moderadamente fuerte, suelo pardo oscuro a negro con baja pedregosidad y una considerable fertilidad. La segunda área es un cono aluvial con pendientes suaves (4 a 8%) y con características de vega.

Acciones Propuestas

- A. Establecimiento de un Bosquete de Prueba de Especies Arbóreas Introducidas.**

Laguna Negra

1. Unidad de Muy Bajo Grado de Erosionabilidad

Esta unidad corresponde a una morrena de fondo, exposición Norte-Noreste, con suelo granítico delgado y pobre nutricionalmente. Presenta una cubierta vegetal importante, definida como la unidad vegetacional coirón con un 75% a 100% de cobertura y pendientes de moderadamente fuertes a fuertes (20-40% y > 45%). Se encuentra a una altitud entre 2.700 m y 2.800 m. y cubre una superficie de 23 ha. La abundante vegetación presente da indicios de que este sitio posee cierta potencialidad para la implantación de vegetación mayor.

Acciones Propuestas

- A. Establecimiento de un Bosquete de Prueba de Especies Introducidas Nativas y Exóticas.**

2. Unidad de Bajo Grado de Erosionabilidad

Esta unidad corresponde a la misma morrena de fondo, donde se sitúa la unidad descrita anteriormente. Su pendiente es suave a moderadamente fuerte, cubierta por vegetación arbustiva correspondiente a la unidad vegetacional Ephedra, con una cobertura entre 50% a 75%. La pedregosidad superficial en esta zona es mayor, los suelos más delgados e incipientes. En cuanto a altitud su situación es igual a la anterior.

En este caso no se propone ningún tipo de acción ya que por las características principalmente de suelo y teniendo en consideración las severas condiciones ambientales, especialmente altitud y clima, la probabilidad de éxito del establecimiento de vegetación es mínima.

5.1.3. Otros Sectores

Si bien el trabajo encomendado por EMOS se remitía al estudio de sectores específicos y bien definidos dentro de sus propiedades, la visión técnica para enfrentar este trabajo ha sido una unidad

geográfica, la "Cuenca".

Bajo esta perspectiva es inevitable limitar la visión profesional a sectores puntuales. De esta forma, mediante el desarrollo del estudio se detectaron zonas que se consideran con alta potencialidad para el establecimiento de una cubierta vegetal de mayor envergadura, con aportes significativos tanto al embellecimiento escénico como a la estabilización del sistema.

Dichos sectores se distribuyen a través del transecto, desde San Gabriel a Laguna Negra. Principalmente son sectores de topografía más bien plana, cercanos al camino o siguiendo el curso del Estero Manzanito, con suelos de mayor evolución y desarrollo, ubicados a un altura dentro del límite altitudinal de la vegetación en el país.

Son terrenos que han alcanzado cierta estabilidad, por lo que el riesgo de un impacto negativo, por una intervención en ellos es baja y con alta probabilidad de éxito.

Acciones Propuestas:

- A. Establecimiento de Ensayos de Introducción de Especies Exóticas y Nativas en tres situaciones Altitudinales, entre los rangos 1400 a 2000 msnm.**

6. LISTADO DE ESPECIES SELECCIONADA PARA LA PROPUESTA TECNICA

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR
NATIVAS:	
Quillaja saponaria	quillay
Maytenus boaria	maiten
Litraea caustica	litre
Schinus polygamus	huingan
Schinus molle	pimiento
Kageneckia oblonga	bollen
Kageneckia angustifolia	frangel
Austrocedrus chilensis	cipres de la cordillera
Muelenbeckia hastulata	quilo
Beilchmiedia berteroana	belloto del sur
EXOTICAS:	
Cupressus macrocarpa	cipres macrocarpa
Cupressus arizonica	cipres arizonica
Pinus radiata	pino radiata
Pinus jeffreyi	pino amarillo
Pinus halepensis	pino carrasco
Picea pungens	picea
Eucalyptus viminalis	eucalipto
Eucalyptus camaldulensis	eucalipto rojo
Eucalyptus cladocalyx	eucalipto
Eucalyptus sideroxylon	eucalipto
Robinia pseudoacacia	acacio
Acacia saligna	acacia azul
Acacia salicina	caoba
Pinus pinea	pino piñonero
Eleagnus angustifolia	olivo de bohemia
Festuca sp	festuca
Phalaris sp	falaris

7. BIBLIOGRAFIA

- CEOTMA. 1991. Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Madrid. 572 p.
- CSIRO, 1967. Land of Bouganville and Buba Islands, Territory of Papua and New Guinea. Land Research Series, 20, Melbourne.
- FAO, 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO, Soil Bull, 32, Roma.
- ITC, 1972. Land Evaluation and Landscape Science. Textbook of Photointerpretation, vol. 27, Enschede.
- Matteucci, S. y Colma, A., 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Monografía N° 27. Serie de Biología. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

**METODOLOGIA SOTER PARA LA EVALUACION
DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE CHILE**

THOMAS COCHRANE¹
CLAUDIO BEDOYA²
MARCELO MIRANDA²

¹DHV Consultants
623 N, Salisbury St., W. Lafayette, IN 47906, USA.

²Ingeniero Forestal (E)
Instituto Forestal (INFOR)
Huérfanos 554, Santiago
Fono: (02) 639.61.89
Fax: (02) 638.12.86



RESUMEN

Durante el primer semestre de 1994, el Instituto Forestal de Chile implementó un Sistema de Información Geográfico-Base de Datos computacional funcional de recursos naturales. Esta fue usada como una herramienta técnica para el estudio de 6 cuencas hidrográficas que representan las diferentes condiciones ecológicas a lo largo de Chile. El criterio para describir los recursos naturales se adoptó de la metodología de la Base de Datos Digital de Terrenos y Suelos Mundial, (World Soils and Terrain Digital Database), SOTER, aceptado internacionalmente. Este último fue adaptado para uso con programas software de bajo costo, para computadores personales, PCs.

Los archivos SOTER que describen las propiedades de los recursos naturales, fueron manejados usando el programa de administración de base de datos relacionadas PARADOX de Borland International. PARADOX fue interconectado con el Sistema de Información Geográfico IDRISI, de la Universidad de Clarke, para la producción de los mapas de Unidades SOTER y mapas temáticos. IDRISI, como PARADOX, es un programa de muy bajo costo para el usuario, que facilita la exportación e importación de archivos cartográficos en una amplia variedad de formatos. La interconexión de estos programas se logró por medio de archivos en formato ASCII. La metodología no está limitada en la escala de trabajo.

Como resultado del estudio fue la producción de un paquete para usuarios de PCs. Este paquete contiene información digitalizada de los recursos naturales como una serie de archivos cartográficos y de bases de datos, que pueden ser usados por diferentes profesionales en diversos análisis. Se ha ilustrado el poder del sistema por medio de algunos ejemplos de mapas temáticos generados a partir de los archivos digitalizados.

El sistema permite a los investigadores que poseen PCs y que trabajan en terreno, instalar y usar el sistema para contribuir a la compilación sistemática de la información de recursos naturales en las diversas regiones y ecosistemas de Chile. Este facilitará la generación de información que será inmediatamente disponible para muchos y diferentes usuarios. La metodología podría formar una nueva y progresiva base para efectuar futuros estudios de recursos naturales en Chile y otros lugares del mundo.

INTRODUCCION

En 1994, INFOR junto con DHV Consultants, B y F Ingenieros Consultores e ICSA comenzó un programa integral de manejo de Cuencas Hidrográficas para Chile, el "Proyecto de Factibilidad del Manejo de Cuencas Hidrográficas para Chile" (MA-MOP, 1992). En la

fase inicial del programa, se han elegido 6 cuencas hidrográficas representativas localizadas desde Arica en el Norte hasta Punta Arenas en el Sur. Las cuencas estudiadas fueron las siguientes:

- Cuenca Río San José, I Región.
- Cuenca Río Aconcagua y Estero Marga Marga, V Región.
- Cuenca Ríos Maipo y Mapocho, V Región y Región Metropolitana.
- Cuenca Río Maule, VII Región.
- Cuenca Río Imperial, IX Región.
- Cuenca Río Las Minas, XII Región.

Estas zonas representan una amplia variación climática y de paisajes que se encuentran a lo largo de Chile. Se presentan variaciones de las condiciones ambientales que van desde los desiertos sub-tropicales en el Norte hasta zonas polares sub-húmedas en el Sur, con paisajes recientes que han sido modelados sobre depósitos volcánicos de la alta Cordillera de los Andes en contraste con los antiguos paisajes formados sobre granitos del Pre-Cámbrico en la Cordillera de la Costa.

Para el mejor entendimiento de la complejidad de los factores que afectan la hidrología y el sostenimiento de los sistemas agro-forestales en las cuencas, y para que éstos puedan ser focalizados en términos de "áreas críticas", se ha implementado un Sistema de Información Geográfico-Base de Datos Computacional de los recursos naturales. Esto permite disponer de una herramienta técnica para el manejo integral de cuencas hidrográficas, y podría formar parte de un sistema de información de recursos naturales a nivel nacional.

En este artículo se describe la metodología usada para la implementación del Sistema de Información Geográfico-Base de Datos Computacional de recursos naturales para el estudio de las Cuencas Hidrográficas. También se presenta una breve visión de como se facilita la posterior identificación de áreas críticas en las Cuencas, con el fin de desarrollar estrategias que puedan mejorar el manejo y su productividad futura.

OBJETIVOS

El objetivo del trabajo fue el desarrollo de un Sistema de Información Geográfico SIG, integrado con un Sistema de Administración de Base de Datos Relacionada SABDR, para las 6 Cuencas Hidrográficas del estudio, que podría ser la base de un sistema de información de recursos naturales a nivel nacional.

Para el desarrollo de este sistema SIG-SABDR se considera que se debe:

- 1) Adoptar patrones de descripción del paisaje, suelo, clima, vegetación y uso de la tierra aceptados internacionalmente.
- 2) Facilitar el intercambio de información e interconexión de la base de datos con otras fuentes, incluyendo información socio-económica.
- 3) Permitir una fácil actualización, revisión de los archivos y adición de información.
- 4) Ser compatible con la mayoría de los software SIG y SABDR, más ventajosos del mercado, especialmente con programas de bajo costo que han sido desarrollados para computadores personales, PCs.
- 5) Ser compatible para el uso en casi todo tipo de computadores, especialmente PCs.
- 6) Producir un Paquete de Usuario para PCs, que podría ser utilizado por administradores, economistas, administradores científicos, educadores y otros profesionales, con lo cual dispondrán de información ambiental como herramienta analítica para la mejor comprensión y manejo de las Cuencas Hidrográficas.

MATERIALES Y METODOS

La Base de datos digitalizada de terrenos y suelos del mundo (The World SOils and TErrain Digital Database), SOTER.

El primer paso en el estudio fue implementar un sistema que utilice estándares internacionales, universalmente aceptados, para la descripción de los recursos naturales. Pensando en este requerimiento básico se decidió adoptar la metodología SOTER de la UNEP, ISSS, ISRIC y FAO (ISRIC, 1993).

La metodología SOTER fue desarrollada por la Sociedad Internacional de Ciencias de Suelos ISSS, a partir de los años 80 (ISSS, 1986). Originalmente fue una iniciativa para superar el problema de una virtual "Torre de Babilonia" que existía respecto de las diferentes clasificaciones de suelo a nivel mundial. El principal objetivo de SOTER fue definir propiedades de las formas de terrenos y de los suelos de una manera aceptable universalmente, y ordenar estas propiedades o "atributos", en un sistema de archivos lógicos para facilitar su computarización. Este sistema ha recibido el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas a través de FAO y UNEP, del Consultative Group of International Agricultural Research Center, la IGBD Data y la Information Systems Unit (DIS) y muchas otras instituciones (Mooney and Sombroek, 1992). Recientemente fue adoptada por el proyecto PROCITROPICOS, que reúne a los ocho países que comparten territorios en la cuenca del Río Amazonas.

Unidades SOTER

Básicamente, la filosofía de SOTER es la identificación de áreas de terrenos con "patrones distintivos y a veces repetitivos, de formas de terrenos, litología, forma de la superficie, pendiente, material parental y suelos". Estas áreas fisiográficas se llaman Unidades SOTER para evitar confusión con la unidad de sistemas de tierras "Land System" que fue definida por Christian and Stewart (1953), y que han sido usadas como unidades básicas para los estudio de recursos naturales digital de Cochrane et al. (1985), sobre lo cual la metodología de SOTER fue desarrollada. En el caso del presente estudio, las unidades SOTER han sido delineadas mediante la interpretación de las imágenes satelitales TM, falso color compuesto (bandas 3, 4 y 5) a escala 1:250.000, y estudios de campo.

Archivos del Sistema de Base de Datos SOTER

Los atributos de las unidades SOTER fueron definidos por grupos de trabajo de la ISSS, y organizados posteriormente en archivos jerárquicos, Figura 1. En esta figura, se observa en un primer nivel el archivo "Terrain" (formas de terreno), que incluye atributos descriptores de las características de la unidad SOTER. En un segundo nivel el archivo "TERRCOMP" (componente de las formas de terrenos), con su archivo paralelo "TCDATA" (datos de las componentes de las formas de terrenos), que describen los componentes de terreno. En forma secuencial el archivo "SOILCOMP" (componentes de suelo) describe a los componentes de suelo identificados dentro de los "componentes de las formas de terreno". La Figura 2 muestra la subdivisión de las Unidades SOTER, en términos de sus componentes.

Es importante indicar que el sistema de base de datos de recursos naturales ha sido diseñado con el propósito de ser independiente de la escala de trabajo utilizada para mapear el área de estudio. La base de datos puede ser usada para el diseño de mapas de recursos naturales a diferentes escalas, desde mapas generales hasta mapas detallados de suelo. Se destaca que para la compleja situación de terrenos de Chile, generalmente se mapean solamente unidades SOTER a escalas menores de 1:250.000.

Archivos auxiliares y de referencia de la Base de Datos.

La Figura N°1, ilustra el conjunto actual de archivos usado en la compilación de datos en el presente estudio. Este contiene archivos auxiliares que describen el clima, vegetación y el uso de la tierra, de acuerdo a las definiciones de SOTER. Junto con éstos

(en la parte derecha de la Figura N°1), se incluyen archivos que contienen información sobre los códigos usados por FAO y UNESCO para la clasificación de suelos, uso de la tierra y vegetación, detalles sobre las fuentes de información, tipos de análisis y otros datos. Es evidente que el sistema permite la integración con archivos de otras bases de datos a través de la importación o la exportación, y facilita actualización de archivos.

Software para Sistemas de Información Geográfico y Programas Administradores de Bases de Datos.

Paralelamente a la decisión de adoptar el sistema SOTER, fue necesario escoger software disponibles para computadores personales PCs, que podrían ser usados para crear un SIG-SABDR funcional.

En relación a los software de SIG, el problema de elegir un programa fue complicado por el hecho que había pocas encuestas de mercado para estos tipos de software. Una encuesta publicada por Parker (1989), halló que de 62 sistemas encuestados, 44 son utilizables por PCs; 34 de éstos usan MS-DOS como Sistema Operativo. Hasta la fecha en que se publicó este artículo no existía ninguno compatible con WINDOWS. Parker señala que de estos sistemas, IDRISI (última versión IDRISI 4.1, Eastman, 1993), calificó como uno de los sistemas más completo, de acuerdo a los estándares de evaluación de los SIG.

Se debe hacer notar que algunos software SIG incluyen su propio programa administrador de bases de datos, en tanto que otros pueden recibir archivos preparados en programas específicos de base de datos, como es el caso de IDRISI, el cual se asocia a las bases generadas por el programa dBASE. Como las bases de datos incorporadas en forma integral con los SIGs son generalmente menos ventajosos que aquellos formados como programas independientes, se decidió que sería mejor usar un software SABDR para la administración de los archivos SOTER y conectarla a un SIG que fue completo en términos de las funciones específicas para las cuales fue desarrollado, como la confección de mapas e interpretación de imágenes satelitales. Se considera que el SIG escogido debería ser capaz de exportar archivos cartográficos a otros software SIG.

Con las decisiones fundamentales tomadas se escogió IDRISI como componente SIG del sistema. Este se conecta al SABDR como se muestra en la Figura 3. IDRISI puede aceptar archivos de base de datos dBASE y/o ser conectado a un administrador de bases de datos por medio de archivos de formato tipo ASCII. Permite exportar archivos a un gran número de otros SIG, incluyendo ARC-INFO y ERDAS, que son considerados líderes en el mercado de SIGs para mainframes. Además, IDRISI dispone de un programa complementario de digitalización de mapas vectorial llamado TOSCA, que es adecuado para la cartografía de recursos naturales, y permite múltiples

superposiciones de cartas temáticas. En un futuro próximo, este software será aún más amigable para los usuarios ya que se encuentra en desarrollo la versión que se ejecutará en ambiente WINDOWS. Finalmente, el soporte de la Universidad de Clark asegura el desarrollo y competitividad futuro a un bajo costo (US\$ 60 para estudiantes).

Con respecto al SABDR, el problema de elección se simplificó debido a las encuestas de software de bases de datos disponibles. La mayoría de los programas SABDR para PCs disponibles en el mercado facilitan la importación y exportación de archivos tanto en formato dBase como en ASCII. Uno de los programas SABDR más prestigioso y amigable para el usuario, y disponible en el mercado a bajo precio es PARADOX (en versiones para DOS o WINDOWS). PARADOX es completamente compatible con dBASE, siendo que ambos programas pertenecen a la compañía Borland International. Consecuentemente, PARADOX fue escogido para administrar los archivos del sistema SOTER. El precio de PARADOX en los EEUU es de alrededor US\$ 180.

El sistema completo SIG-SABDR implementado para el proyecto se resume en la Figura 3. La comunicación entre IDRISI y PARADOX se efectúa a través de archivos texto en formato ASCII. IDRISI también acepta archivos dBASE, los que pueden ser directamente producidos y exportados desde PARADOX.

Se observa en la Figura 3, la incorporación de un software adicional al sistema SOTER, el que corresponde a un programa desarrollado por FAO-ISRIC (FAO, 1989), y consiste en una base de datos de perfiles de suelos (SOIL"Profile" DATABASE). Este programa es de dominio público y se utiliza para almacenar e imprimir información de los perfiles de suelo y sus datos analíticos tanto físicos como químicos.

Se debe mencionar que para la implementación del proyecto, se han utilizado los siguientes programas adicionales que complementan el sistema básico:

- 1) DesktopPlus, Pop-up utilities for Paradox, Versión 4.0, de Kallista Inc. Chicago US, que facilita el análisis usando Paradox para DOS.
- 2) QUATTRO PRO para facilitar el análisis estadístico de datos.
- 3) CorelDRAW para la producción de mapas y presentación de resultados en general.

Se debe enfatizar que el sistema es completamente abierto y que los archivos de datos digitados podrían ser actualizados fácilmente e incorporados a futuras versiones de los software usados.

Hardware

Manteniendo la filosofía de uso de software compatibles con PCs, es evidente que el sistema podría ser usado virtualmente en cualquier computador que posea al menos un procesador del tipo AT-80286. En la puesta en marcha del sistema, los autores han usado PCs del tipo AT-80486DX con capacidades de disco duro variables (mínimo recomendable 100MB). Una pequeña mesa digitalizadora de 12 pulgadas SummaSketch II, es suficiente para digitalizar mapas (costo aprox. US\$ 250). En forma opcional se puede contar con una impresora a color y un plotter para la producción de mapas de mayor tamaño.

RESULTADOS

El Paquete de Usuarios para PCs

La producción de un paquete de usuario para PCs tiene como propósito asegurar que la información digital sobre recursos naturales se encuentre disponible para las personas interesadas, con lo cual se pueden efectuar diversos análisis, ya sean presentes o futuros. Así se evitaría la repetición del trabajo involucrado en la extracción de información de la literatura, y organizar ésta en una base de datos digital. De hecho, los autores han encontrado que la información ya digitada hasta la fecha no está fácilmente disponible, y que la poca información disponible no está en formatos compatibles para PCs. La tendencia en el pasado fue usar la computarización como un medio conveniente de análisis para producir informes escritos. No se ha pensado en el concepto de producir una base de datos de recursos naturales de uso amigable.

El paquete de usuario proporcionará la base para estudios futuros, el que se puede actualizar rápidamente con nueva información. La compilación del paquete de usuario comenzó con una compilación progresiva de los archivos de la base de datos que serán usados en PARADOX y/o dBASE para cada una de las 6 cuencas en estudio, y la elaboración de un mapeo de Unidades SOTER que se complementan con diversos mapas temáticos. La información de perfiles de suelo disponible fue digitalizada usando el programa FAO-ISRIC SDB.

Uso del Paquete de Usuario

Para usar el paquete de usuario, el usuario primero tiene que instalar el programa PARADOX (y/o dBASE) y el programa IDRISI. Una copia del programa FAO-ISRIC SDB (FAO, 1989), adaptado para los suelos de Chile, que está incluida en el paquete, también debe ser

instalado. El usuario deberá crear directorios para luego copiar los archivos del estudio para el uso en los programas PARADOX e IDRISI. Para cada una de las 6 cuencas el paquete contiene los siguientes archivos:

a) Archivos para uso en IDRISI.

Archivos con mapas temáticos en formatos vector y raster:

- Unidades SOTER.

Archivos con mapas temáticos en formato raster incluidos:

- Mínima y máxima elevación
- Pendiente característica
- Intensidad del relieve
- Forma de la tierra
- Pendiente regional
- Disección
- Litología general
- Superficies de Unidades SOTER
- Vegetación
- Uso de la tierra
- Erosión
- Geología
- Geomorfología
- Areas Críticas

Archivos con mapas temáticos en formato vector:

- Red hidrográfica
- Centros poblados
- Red vial

b) Archivos para uso en PARADOX (y/o dBASE).

Los archivos SOTER, ver Figura 1, para las 6 cuencas están organizados en los siguientes directorios:

- SJOSE
- ACONCAGU
- MAIPO_M
- MAULE
- IMPERIAL
- MINAS

c) Archivos descriptores de perfiles de suelos que se incluyen en el programa FAO-ISRIC SDB. (Simplemente se crea un directorio llamado SDB y se copian los archivos del FAO-ISRIC SDB al directorio creado. Para acceder a los archivos se debe ingresar el comando SDB2).

- d) El archivo "leame.txt" contiene las instrucciones para la instalación de los archivos y una copia del "Manual del Sistema Computacional SOTER de los Recursos Naturales. Las Cuencas Hidrográficas de Chile", donde se detalla la metodología y uso del sistema de archivos. Adicionalmente, el paquete para el usuario contiene una copia impresa del manual.

Con la producción del paquete para usuarios, todas las especificaciones para el desarrollo de un verdadero y funcional sistema GIS-SABDR se han cumplido. Esto nos permite hacer un análisis pragmático de las 6 cuencas en estudio en términos de la identificación de áreas críticas, en las cuales la degradación de los recursos naturales es un serio problema, y la formulación de soluciones reales para superar éstos y asegurar un futura sostenimiento en la producción agro-forestal de las cuencas en general.

Algunos productos del Paquete para el Usuario

La Figura 4, proporciona un ejemplo de la delimitación de las unidades SOTER que componen la Cuenca del Río Maipo-Mapocho. Esta delimitación se obtuvo a partir de la interpretación de imágenes satelitales y se validó a través de estudios de campo. Por medio de la compilación paralela de la base de datos SOTER y su administración en PARADOX, es posible producir muchos mapas temáticos. La base de datos puede detallar, a través de preguntas o "QUERY", la identificación de áreas que presentan degradación de los recursos naturales, como las áreas afectadas por erosión de los suelos y mal uso de éstos. La conexión de estos resultados con el mapa de Unidades SOTER permiten la identificación de áreas críticas dentro de la cuenca, esto se puede observar en la Figura 5. La formulación de estrategias que aminoren estos problemas amplía la utilidad de una base de datos organizada.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Un SIG-SABDR funcional de recursos naturales se desarrolló para ser usado como una herramienta en el estudio de 6 cuencas hidrográficas que representan el espectacular cambio de las condiciones ambientales a lo largo de Chile. El sistema integra el Sistema de Información Geográfica, IDRISI a el Sistema Administrador de Base de Datos Relacionado, Paradox. Se usa el juego de archivos SOTER para describir las características de los recursos naturales en un formato universalmente aceptado. La comunicación entre PARADOX e IDRISI se produce por medio de archivos con formato tipo ASCII.

Los archivos de atributos y cartográficos creados en PARADOX e

IDRISI respectivamente, pueden ser leídos o transferidos a otros programas software. También, información proveniente de otras fuentes puede ser procesada e integrada según las necesidades requeridas. Se destaca que el sistema no está limitado por la escala de trabajo, con lo cual se pueden crear imágenes cartográficas a la escala deseada e integrarlas a la base de datos SOTER, que ha sido diseñada para aceptar información de cualquier otra fuente.

El costo de la totalidad del sistema es bajo y su aprendizaje es "amigable". Cualquier investigador del área de recursos naturales, que disponga de un pequeño PC, puede usar esta metodología y contribuir a la sistematización de los nuevos conocimientos sobre recursos naturales para las diversas regiones de Chile, y en un formato internacionalmente reconocido. Por medio de este sistema, el conocimiento de los recursos naturales se incrementará generando información confiable para muchos y diferentes usuarios. El sistema ya instalado podría formar una buena base para estudios progresivos de recursos naturales y compatibles con SOTER para todo Chile.

BIBLIOGRAFIA

- Christian, C.S. y S.A Stewart. 1953. Survey of Katherine-Darwin region, 1946. Land Research Series 1. CSIRO, Melbourne, Australia. 126p.
- Cochrane, T.T., Sanchez, L.G., Azevedo, L.G., Porras, J.H. y C.L. Garver. 1985. Land in Tropical America. CIAT, Cali, Colombia y EMBRAPA, Planaltina, D.F., BRAZIL. ISBN 84-89206. 3 vols y mapas.
- Eastman, J.R. 1993. IDRISI 4.1. Clarke University, Graduate School of Geography, Worcester, Massachusetts, USA.
- FAO, 1989. FAO-ISRIC soil database. World Soil Resources Report 64. FAO, Roma.
- ISRIC 1993. Global and national soils and terrain digital databases (SOTER). Procedures manual. ISRIC, Wageningen. 91p.
- ISSS 1986. Proceeding of an international workshop on the structure of a digital international soil resources map annex database. SOTER Report 1, ISSS, ISRIC. Wageningen, 139p.
- MA-MOP, 1992. Estudios de Factibilidad. Programa de manejo de Cuencas Hidrográficas. Ministerio de Agricultura-Ministerio de Obras Públicas. República de Chile. 121p.

- Mooney, H.A y W.G Sombroek. 1992. Terrestrial Systems. In: International Conference on an Agenda of Science for Environment and Development into the 21st Century (ASCEND 21). ICSU. ISBN 0521. Cambridge University Press. 173-186.
- Parker, H.D. 1989. GIS software 1989. A survey and comentary. Photogrammetric Engeneering and Remote Sensing, 55(11):1589-1591.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Unidad de Medio Ambiente de INFOR por las facilidades prestadas para la elaboración de este trabajo, especialmente al Sr. Alfredo Unda, Sr. Juan José Aguirre y a la Sra. Susana Ascencio.

UNIDADES SOTER CUENCA RIOS MAIPO Y MAPOCHO

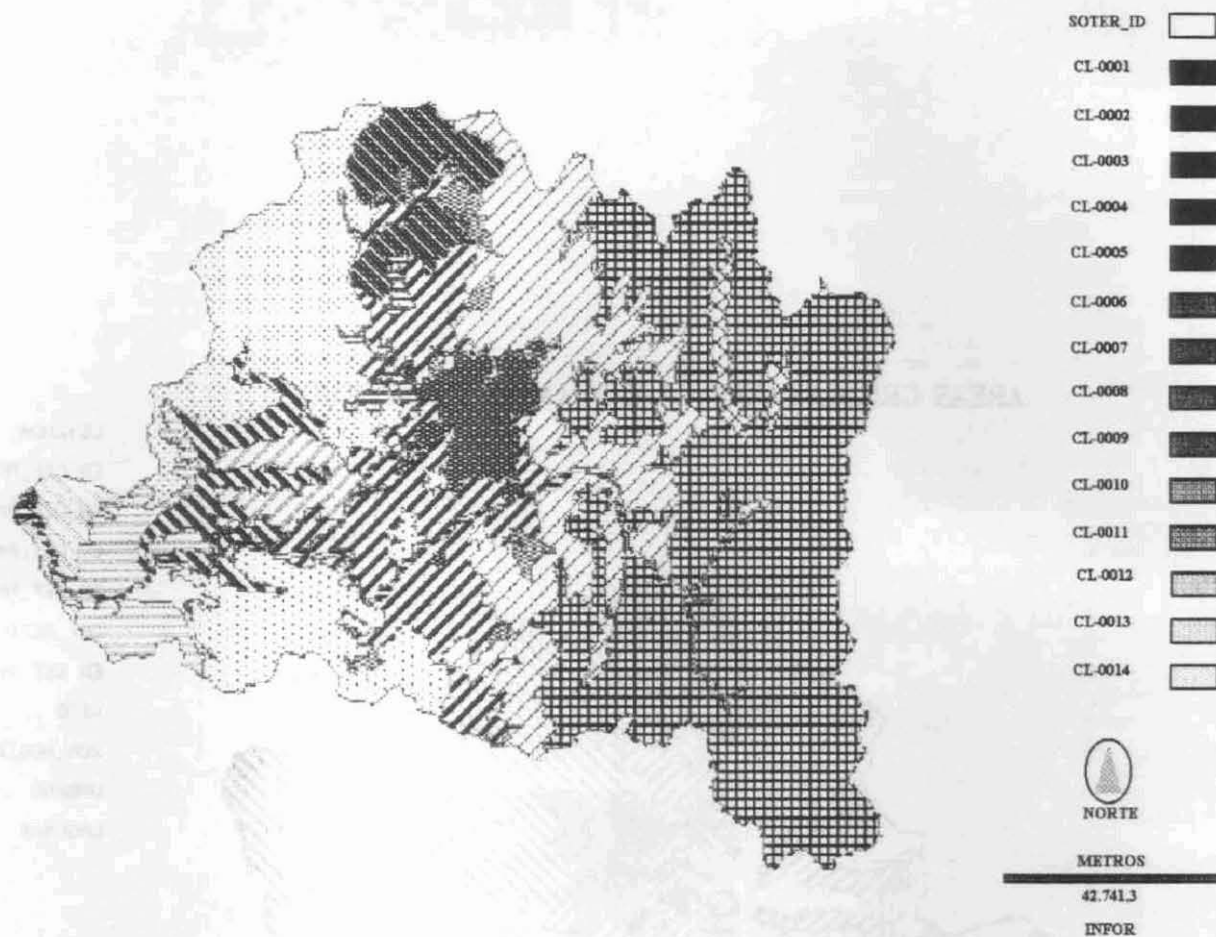


FIGURA 4. Unidades SOTER, Cuenca ríos Maipo y Mapocho

AREAS CRITICAS CUENCA RIO MAIPO Y MAPOCHO

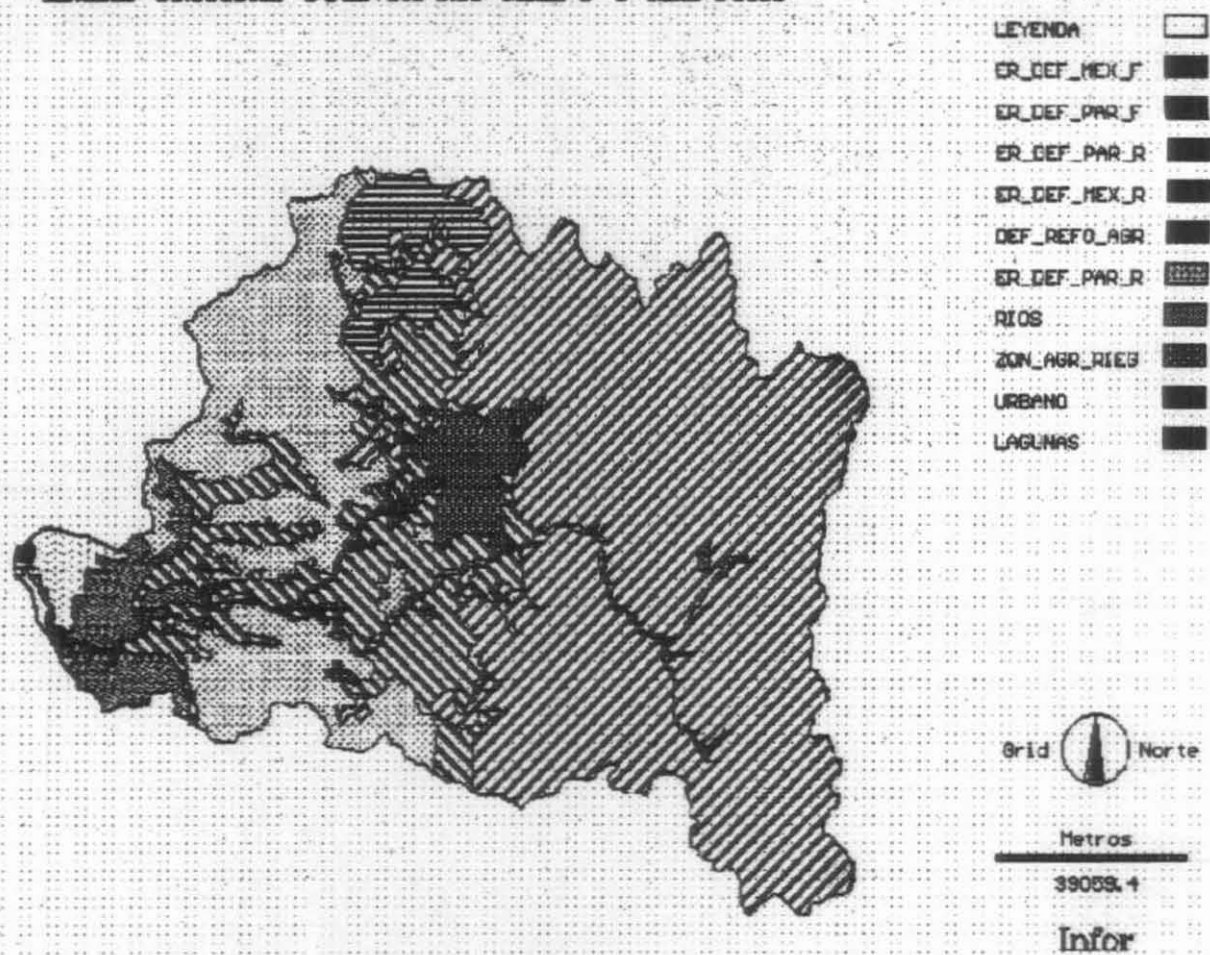


FIGURA 5. Identificación de Areas Críticas a partir de las Unidades SOTER

LA PLANIFICACION FISICA COMO HERRAMIENTA EN LA EVALUACION AMBIENTAL ESTRATEGICA

SANTIAGO GONZALEZ ALONSO¹

¹ Catedrático
Departamento de Proyectos y Planificación Rural
E.T.S. Ingenieros de Montes
Ciudad Universitaria s/n
Universidad Politécnica de Madrid, España

1. LOS RECURSOS NATURALES COMO VALORES SOCIALES

La necesidad de conservar la naturaleza y los recursos naturales, de proteger el medio ambiente del hombre, comenzó a sentirse no hace mucho tiempo, pero ha cruzado ya rápidamente del campo sentimental o meramente conservacionista al de la planificación y del desarrollo. El medio ambiente no puede ser ya una cuestión a localizar físicamente en determinados puntos, más próximos al hombre; la presencia humana y, sobre todo, el impacto de sus actividades se extiende de hecho a toda la biosfera; un proyecto concreto repercute en muchos otros, el desarrollo de una actividad raramente puede constituir un sistema cerrado y afecta así a muchas otras. La exigencia de un enfoque pluridisciplinar se hace sentir cada vez más en todos los proyectos y programas de desarrollo.

Puede decirse que, hasta hace pocos años, los proyectos de cualquier tipo y aún las planificaciones de más amplia perspectiva, como son las de ordenación del territorio han sido realizados al dictado de razones estrictamente económicas, sin considerar, porque no era evidente, la limitación de la base de recursos naturales. Con atinadas palabras, el profesor José Luis Sampedro se refirió a esta cuestión, en una conferencia pronunciada en abril de 1989 en el Senado: "La verdadera utopía es creer en el desarrollo económico ilimitado. La opción que reconoce límites, la concepción ecológica, es por tanto más real, más pragmática. El futuro, o será ecológico, o no será. Es cuestión de tiempo."

El primer peldaño de la conservación y planificación de los recursos naturales se orientó hacia localizar y cuantificar una lista lo más amplia posible de recursos individualmente considerados y a una programación de su desarrollo. Este primer esfuerzo puede situarse en la década de los treinta y fundamentalmente en los Estados Unidos. Poco antes de 1960 comenzó a hablarse de que este modelo era un modelo de factor único y por lo tanto demasiado limitado; en su lugar comenzó a aparecer la consideración de los sistemas: la tendencia a la cuantificación se ampliaba así para intentar la inclusión de un análisis de la calidad de los recursos. La localización incluía ya **normas espaciales y agrupaciones**; y el ambiente fue considerado ya con pleno derecho como un recurso.

Estos cambios están muy justificados. La creciente preocupación por la calidad del medio ambiente se une a la tendencia más antigua a prestar atención a los elementos individuales del ambiente, como ocurre en la contaminación del agua y del aire, en la provisión de espacios abiertos. También se ha visto como necesario estudiar la interacción de estos elementos y su efecto en el ambiente físico total.

La evidencia que antes apuntábamos, sin embargo, ha surgido ya, dando lugar a una ola de literatura a todos los niveles que si, en muchos casos, se mueve en torno al tópico, ha contribuido por otro lado a que el problema del medio ambiente haya adquirido carácter universal, geográfica y temáticamente. No quiere ello decir, precisamente, que se haya detenido muchas veces la realización de proyectos cuando se ha llegado a determinar sus consecuencias ambientales, porque la toma de conciencia no ha pasado todavía del terreno de los principios y porque no se han resuelto satisfactoriamente los problemas de valoración. Las leyes relacionadas con estos aspectos son todavía demasiado recientes para haber vencido los vicios e inercias administrativas de la situación anterior.

Está en camino, posiblemente, un cambio fundamental en la actitud de la sociedad, en el estilo de vida y en la condición de la economía. Cuando una gran parte del mundo lucha por conseguir el desarrollo industrial y económico, en los países que lo han alcanzado surgen voces cualificadas reclamando la moderación de ese crecimiento. Los "nuevos" recursos naturales, que siempre han estado ahí pero que reciben un nuevo valor del hecho de haber pasado a ser escasos y a ser sujeto de una demanda creciente, han de ser considerados en la toma de decisiones junto a los factores técnicos y económicos.

Este conflicto ente el desarrollo y la explotación de recursos naturales, en perjuicio ya de las generaciones inmediatas, no puede resolverse con decisiones unilaterales ni con planes de corto alcance o corta envergadura. Tampoco puede defenderse la conservación del medio ambiente, basándose en la extinción de especies animales o vegetales por ejemplo, sin fundamentarla científica y socioeconómicamente.

El desarrollo meramente económico ha dado absoluta primacía a la edificación de un hábitat artificial y ha entrado a saco en los recursos naturales, cristalizando en lo que alguien ha llamado la **explosión de lo mediocre**. El otro extremo del péndulo está en la naturaleza como paradigma, en la renuncia a resolver el conflicto crecimiento-conservación, en otra mediocridad en suma.

Las dificultades que una **planificación ecológica** ha de vencer son, básicamente, dos:

- . Todo enfoque multidisciplinar es en su origen mucho más costoso y, sobre todo, incómodo de llevar a cabo.
- . La cuantificación de los valores del medio ambiente natural.

Pero las ventajas que de ella pueden derivarse son muy grandes: nada menos que encontrar el óptimo posible, que reunir cantidad y calidad.

La etapa de racionalización motivada por los problemas descritos sugiere, en el aspecto positivo, un reparto de utilizaciones de los recursos naturales capaz de asegurar un óptimo aprovechamiento, y en su fase restrictiva, la prevención frente a los usos que impliquen su destrucción, su esquilme o su deterioro irreversible.

Esta situación lleva a cuestionar el planteamiento aislado de las acciones sin considerar sus posibles efectos laterales, la ausencia de colaboración interdisciplinar, los modelos de factor único. Para gran número de los que han abordado el estudio de esta temática, la solución está en el enfoque sistémico, en el punto de vista ecológico. Y lo está en particular, cuando se trata de situar espacialmente las actividades humanas: los conceptos de planificación física, planificación ecológica y otros términos análogos, entroncan, pues, directamente con la gestión de los recursos naturales.

Ya vimos que inicialmente la planificación física se encaminaba a la resolución de problemas de localización industrial o urbana, estudiando los mejores asentamientos desde un punto de vista casi exclusivamente técnico y socioeconómico. La irrupción de la consideración medio-ambiental desvió la investigación hacia el desarrollo de modelos de localización basados no sólo en el óptimo técnico y económico, sino también en la minimización de los impactos o efectos producidos en el entorno natural.

"Con mayor o menor intensidad, antes en unos países que en otros, ha llegado a cristalizar una espectacular explosión de teorías, esfuerzos, literaturas, demagogias y procedimientos en pro de la conservación de la naturaleza. La planificación incluye desde entonces los datos del medio ambiente y se apellida para dejar constancia de esa incorporación de las más diversas maneras: ecológica, ambiental, medio-ambiental, etc." (Ramos y González Alonso, 1975).

La extensión de la problemática hacia las zonas no urbanas ni industriales, con una fuerte componente natural, o de utilizaciones agro-silvo-pastorales, justificó el advenimiento de la llamada **planificación territorial**, que en esencia consiste en el estudio de una región o de un territorio, orientado a conseguir una mejor utilización de los recursos.

"Hacia 1930, y bajo la bandera de la conservación y planificación de los recursos naturales, se inició un plan para la localización y cuantificación de una amplia lista de recursos individuales y un estudio de su desarrollo. Aproximadamente en 1950, se consideró que estos estudios basados en un factor único eran insuficientes para el análisis de los recursos naturales, y comenzó a desarrollarse el uso de

sistemas complejos que añaden a la cuantificación un análisis de la calidad y capacidad de dichos recursos." (Belknap, 1969).

Desde hace ya casi dos décadas en la Unidad Docente adoptamos la expresión **planificación física con base ecológica: Planificación**, porque supone un estudio racional de diagnóstico, predicción, evaluación y definición de soluciones. **Física**, porque se aplica a unos recursos territoriales con expresión espacial. Con base ecológica, porque el material que utiliza lleva consigo toda la problemática de sistemas organizados a través de relaciones bióticas y abióticas. "La planificación física con base ecológica, la planificación ecológica, explora cómo interactúan los procesos naturales y las actividades humanas, y cómo esa interacción produce cambios en la estructura de los paisajes y los ecosistemas a lo largo del tiempo." (Zonneveld y Forman, 1990).

Sin embargo, la traducción práctica de este nuevo planteamiento tropieza con importantes dificultades, que podrían dividirse en orgánicas y funcionales. Entre las primeras, está la ineludible obligación de satisfacer, en tantos campos, las necesidades del hombre y de seguir, por lo tanto, desarrollando proyectos. Las posturas obstruccionistas parecen desconocer esta realidad; al igual que las defensoras de un puro crecimiento económico, ignoran los efectos laterales de un proyecto. La moderación y el realismo son supuestos inexcusables en la planificación: el hecho de no detenerse no implica que deba actuarse de la manera más cómoda, más asequible, más económica. Un objetivo puede alcanzarse, casi siempre, de muchas maneras.

Otra dificultad orgánica importante estriba en la fuerte dependencia que las cuestiones relativas al medio ambiente tienen de la esfera en que se toman las decisiones, donde suelen primar y ser habituales los planteamientos a corto plazo: unas veces porque se trata de satisfacer una necesidad perentoria, otras porque la realización de un proyecto puede llevar bastante más tiempo del que dure una autoridad en el ejercicio de su cargo. De aquí que los plazos que se exigen para llevar a cabo estos estudios sean mucho más cortos de lo acostumbrado en otros; de aquí también la necesidad de disponer de metodologías específicas para abordar este tipo de problemas.

Las dificultades funcionales son las propias de los estudios interdisciplinarios: la comunicación entre especialistas de distintas disciplinas, dotadas de lenguaje propio y no siempre asequible al profano, y la complejidad, que crece con una potencia del número de personas que intervienen.

El punto de la comunicación es decisivo: los nuevos valores atribuidos a los recursos naturales son de difícil medición y cuantificación. Su aceptación requiere llegar a un acuerdo

sobre una nueva métrica, no convencional, en la que la longitud, el volumen y el dinero se sienten a la misma mesa que conceptos tales como fragilidad, diversidad, escasez, renovabilidad, estabilidad, singularidad, significado. Se requiere también dar peso a circunstancias como el hecho de que las consecuencias de una acción sean reversibles y de que se mantengan, como acostumbra a decirse, opciones abiertas para el futuro.

Vista desde el otro lado, la comunicación exige dar su peso real a las alteraciones del medio natural, sin considerarlas "a priori" como catastróficas e irreversibles; y adoptar una actitud positiva ante la capacidad creadora y el comportamiento del hombre.

2. LA VISION SISTEMICA EN LA PLANIFICACION FISICA CON BASE ECOLOGICA

Cuando se consideran los múltiples elementos del medio natural y del medio humano que debieran intervenir en la toma de decisiones, es claro que la tarea resulta altamente compleja. El análisis de sistemas es quizás la única forma operativa de emprenderla; es tanto un planteamiento que pretende no dejar fuera nada que sea significativo, como una técnica para resolver el problema. La ecología se inserta en el planteamiento con rango de protagonista, al proporcionar su propia perspectiva: el enfoque ecológico. Y es que, efectivamente, la ecología maneja conceptos propios de la visión sistémica que la sitúan en el marco de la transdisciplinaridad.

En la base del acercamiento ecológico a los problemas está la idea de inter-relación, el rechazo de la contemplación aislada de los fenómenos. Es una actitud, que la ecología comparte con otras ciencias, entroncadas con el análisis de sistemas, y que no hay que confundir con el empleo de ciertos métodos y técnicas, procedentes de la matemática y la estadística, que el ecólogo y el estudioso de los sistemas emplean con profusión. El aparato matemático, la cuantificación, no justifican, por sí solos, la entidad científica del análisis de sistemas ni de la ecología. Aunque en ocasiones, se pone más el acento en el método de trabajo, y aún más en las técnicas para resolver los problemas, que en su conceptualización.

En otras palabras, no es la herramienta utilizada lo que confiere valor científico, porque ello equivaldría a identificar la ecología, en muchos de sus aspectos, con una rama especializada del análisis multivariable, por ejemplo. En su aspecto más íntimo, el acercamiento ecológico a cualquier situación se expresa a través de la utilización de los

conceptos básicos de esta rama del saber: visión conjunta, visión global de los componentes y de sus relaciones recíprocas, consideración sistémica, en suma. Y esto es aplicable, a cualquier nivel de detalle, en el espacio y en el rigor analítico de las observaciones. Tan ecológico puede ser el estudio de las relaciones tróficas entre los distintos pobladores de un biotopo, como el estudio del reparto del fósforo en la rizosfera de un garriga, o como el estudio de las reacciones de las formaciones vegetales de una comarca ante la implantación sobre ellas de acciones antropogénicas.

El punto central en el análisis de sistemas, incluidos los ecológicos, es la búsqueda de **regularidades significativas**: en otras palabras, encontrar los componentes del sistema que son significativos, importantes, para eliminar del conjunto todo el ruido posible, que apenas aporta información. Y buscar después las conexiones o relaciones, entre los componentes elegidos, que expliquen el comportamiento del sistema. Y aún de otra manera: frente a Pascal, que sostenía que el error procede de la exclusión, las ciencias del medio ambiente, de los sistemas ambientales, afirman que el error procede de la excesiva inclusión; frente a los valores absolutos y a los planteamientos aislados, se da relieve a las regularidades y a las magnitudes relativas.

3. ECOSISTEMAS Y UNIDADES AMBIENTALES

Ecosistemas y **unidades ambientales** hacen referencia a ámbitos territoriales con características comunes. Esa mención del carácter homogéneo del territorio aproxima las definiciones de ecosistema y de **unidad ambiental** de la planificación física con base ecológica, ambas como porciones del territorio que responden uniformemente al desarrollo de una actividad humana. La **unidad ambiental** es un concepto más amplio, que incluye al de ecosistema. Mientras éste reúne la homogeneidad intrínseca y extrínseca, aquélla no tiene necesariamente que ser intrínsecamente homogénea: basta que lo sea hacia afuera, en su forma de reaccionar frente a las acciones exteriores.

Esta aproximación de conceptos cuestionaría el debate, a veces agriamente planteado, de si es útil a la ciencia ecológica continuar en su "torre de marfil", y realizar sus estudios de las interacciones entre el medio y los seres vivos dejando fuera al hombre, cuya acción ha llegado en muchos casos a ser determinante. La ecología no tiene por qué limitarse a estudiar los ecosistemas naturales, que, por otra parte, y en rigor, no están precisamente al alcance de la mano. En España, como en toda Europa, la mayor parte de los espacios naturales han sido modificados en su estructura por el hombre, bien a través de la explotación, bien indirectamente con sus acciones de otro tipo.

Esta consideración alcanza especial relieve cuando se trata de aplicar la ciencia ecológica a la planificación; los territorios sobre los que el hombre actúa o pretende actuar, y en particular los designados como seminaturales, se sitúan entonces en un lugar central.

En suma, los conceptos de ecosistema y de unidad ambiental, por su misma definición, no admiten referencia geográfica general y pueden comprender conjuntos bióticos de cualquier entidad, hasta alcanzar la totalidad de la biosfera (ecosfera o ecosistema mundial). Si se quieren incluir las zonas en que la vida no existe o no se manifiesta, se recurre al término **geosfera**, y si se desea dar entrada al hombre y a sus actividades, también se han acuñado términos para hacerlo. La esfera del hombre es la **noosfera**, compuesta de la **tecnosfera**, conjunto, de carácter concreto, de los elementos de la geosfera alterados por el hombre, de la **sociosfera**, conjunto, de índole abstracta, de las relaciones entre los seres humanos, y de la **antroposfera** o población humana.

4. LAS RELACIONES ACTIVIDADES-MEDIO

Los objetivos buscados en la planificación son de orden más o menos general y suelen enunciarse en términos muy amplios como desarrollo socioeconómico de un territorio, utilización óptima de sus recursos naturales; o, en términos más concretos, como promoción de una determinada actividad, ayuda a la fijación de la población, etc.

En todo caso, al ascender en la escala de concreción, hay que referirse necesariamente a dos aspectos: el potencial del medio en todas sus vertientes (humana, natural, productiva) y la determinación de las actuaciones viables en la zona de estudio y su definición, lo más clara posible, para su posterior análisis, evaluación y localización.

Ambos aspectos se interactúan y ninguno de ellos precede al otro cronológica u operativamente. En la definición de actividades han de estar continuamente presentes las características del territorio; de la misma manera que en la selección de elementos significativos de éste, las actividades potenciales jugarán un papel primordial. Es, pues, indiferente comenzar por unos u otras, que constituyen en realidad una única etapa previa.

Las actividades

La elección de actividades dependerá de las características ecológicas, sociales y económicas de la zona de aplicación del modelo y de las intenciones del planificador. Como norma

general, se debe establecer que las actividades consideradas cubran de forma suficiente aquéllas que estén actualmente localizadas, o sean previsiblemente localizables en el área.

Si la metodología pretende aplicarse, por ejemplo, a un territorio de carácter rural y con la nota de economía deprimida, puede ser aconsejable en principio limitar las actuaciones a un rango exclusivamente agrario o turístico. En efecto, el desarrollo industrial no puede contemplarse como generalizable en estas zonas de escasa población y de no muchos recursos en el sentido clásico del término. Los dos grupos generales mencionados, agrario y turístico, se desagregarán sucesivamente hasta alcanzar el nivel de detalle que se considere adecuado, con objeto de llegar al aprovechamiento máximo de los recursos utilizables del área a estudiar. De esta manera se pretende evitar, al menos inicialmente, el defecto de la infrautilización o suboptimización de las zonas de economía deprimida.

La definición, clara y exacta, de las actividades es un requisito ineludible. Este factor, que de por sí tiene gran importancia, se realza en aquellos modelos de planificación física en los que se produce el enfrentamiento directo entre los elementos y las actividades. Una incorrecta definición de éstas incide en el modelo, generando restricciones erróneas que falsean los estudios de capacidad. Las actuaciones deben concretarse, y toda actividad que cubra campos diferentes debe desagregarse hasta conseguir la exactitud requerida.

Los elementos del medio

La planificación física con base ecológica requiere un inventario de todos los elementos y parámetros que definen el medio físico y biótico de la comarca a estudiar, y que influyen en su capacidad para sostener las actividades propuestas.

Esta etapa constituye un punto de apoyo imprescindible, sobre el cual se sustentarán las siguientes fases del modelo. Es necesario que los datos que se obtengan en las fases de prospección e inventario sean representativos de la realidad físico-biológica del territorio, y que respondan, además, a los objetivos que el estudio planificador pretende. Por tanto, solamente se tomarán en consideración aquellos elementos que se conceptúen como característicos del territorio, desechando los que no puedan ser utilizados en las fases posteriores del modelo, ya que esta información puede inducir errores de análisis y evaluación.

Dadas las características de este tipo de trabajos, en los que se suelen reunir superficies grandes y plazos de estudio cortos, será muy aconsejable que los elementos seleccionados cumplan las condiciones siguientes:

- . Ser cartografiables en forma de regiones homogéneas o de cargas puntuales.
- . Ser deducibles directamente a partir de una información existente o mediante técnicas rápidas, como la fotointerpretación, con un apoyo de campo razonable.
- . Admitir una definición sencilla.

Estas tres características exigidas seleccionan los elementos, sin excluir del proceso las variables clave que limitan la ubicación de las diferentes actuaciones.

La fase previa de todo inventario es el establecimiento de los niveles de resolución -detalle, profundidad- necesarios para la tipificación de los elementos del medio considerados. El nivel de resolución dependerá de la escala y del objetivo del trabajo.

La cartografía de cada elemento debe hacerse por separado. Se obtienen así n mapas temáticos, cada uno de ellos dividido en un número K de tipos, no necesariamente igual para cada elemento.

Los conceptos de capacidad e impacto

El desarrollo histórico de las metodologías que han conformado el cuerpo de doctrina de la planificación física puede identificarse claramente con la búsqueda de definición en la expresión de las relaciones entre los elementos o características territoriales y las actividades localizadas, o de posible implantación, sobre aquéllos.

Las relaciones fundamentales elementos-actividades, desde el punto de vista de la asignación de usos al suelo, pueden concretarse en dos conceptos que se siembran profusamente en la literatura especializada: **capacidad e impacto**.

Los caracteres del territorio tienen un significado en orden al desarrollo de las actuaciones: una altitud es mejor que otra para repoblar con el pino piñonero, un tipo litológico es más apto que otro en cuanto a resistir las cargas derivadas de la construcción de estructuras; ciertas unidades paisajísticas ofrecen mayor atractivo, por su belleza o su conspicuidad, para instalación de miradores recreativos... Considerados estos caracteres en conjunto, para un determinado sector territorial y para una posible actuación, definen la **capacidad** que tiene el sector para desarrollar en él su actuación.

Claro es que un sector territorial debe considerarse caracterizado por un número muy considerable de elementos ambientales bióticos y abióticos, e incluso también por un gran número de procesos, que contribuyen a la situación concreta en el momento actual, relacionados unos con otros a través de su

funcionalidad sistemática. Es, pues, inevitable, al definir la capacidad de acogida para una determinada actividad, el abstraer de todos ellos, con una finalidad operativa, sólo los definitivamente claves ante cada actuación; es decir, los que de verdad prestan cualidades positivas, negativas o excluyentes a su implantación y desarrollo, evitando las redundancias consecuentes de las relaciones existentes entre los elementos y características ambientales.

Así, puede situarse el significado de la capacidad del territorio, y de sus numerosos sinónimos (aptitud, atractivo, capacidad de acogida, capacidad de orden técnico...), como derivado de la concurrencia, en un determinado sector territorial, de ciertas características y elementos ambientales significativos.

El análisis a partir del segundo término de la relación, las actividades o actuaciones, conduce al concepto de **impacto**: una repoblación forestal modifica el paisaje, una urbanización influye en la fauna del lugar donde se sitúa; hay que estudiar, pues, cuáles serían los efectos o impactos, de las posibles actividades sobre el medio natural.

Las unidades territoriales o, de otra forma, las unidades ambientales y sus elementos constituyentes, pueden verse afectados positiva o negativamente por la implantación de las actuaciones potenciales.

La consideración del impacto negativo de las actividades sobre el medio, o vulnerabilidad territorial ante la acción, contrapone los conceptos de fragilidad, singularidad, rareza... a las consideraciones de tipo técnico analizadas en los estudios de capacidad. Contrariamente, el impacto positivo realza la capacidad territorial para acoger las actuaciones, con matices derivados de las posibles orientaciones favorables que pueden inducirse sobre los elementos espaciales y los procesos actuantes, por la implantación de las actividades.

La categorización de los impactos puede realizarse a partir de distintos supuestos: impactos ecológicos (referidos a las interferencias de las actuaciones en los sistemas naturales), impactos visuales (referidos a sus implicaciones paisajísticas), impactos socioeconómicos (consecuencias de tal índole inducidas por las actividades).

En cualquier caso, el significado del impacto puede y debe conectarse con la reversibilidad de los efectos causados por las actuaciones. La hipoteca que ante el futuro supone un deterioro irreversible, el agotamiento de un recurso, la iniciación de procesos negativos que se aceleran a sí mismos, ha conducido al desarrollo de estrategias de definición y uso de umbrales de impacto o impactos críticos; entendiendo

aquéllos como límites a partir de los cuales el deterioro se considera inadmisibles y éstos como los impactos superiores al umbral, y que, por tanto, incompatibilizan la localización de la actividad desde el supuesto genérico del uso a perpetuidad del suelo o de la producción sostenida del territorio.

Integración

Al llegar a esta etapa, se ha definido un conjunto a_i de actividades ($i=1,2,\dots,m$) y una serie de elementos del medio e_j ($j=1,2,\dots,n$), cada uno de ellos dividido en k tipos e_{jh} ($h=1,2,\dots,k$). Es preciso establecer ahora relaciones, $e_j R a_i$, entre los elementos y las actividades, de forma que el resultado signifique la capacidad del territorio para sostener cada una de las actividades propuestas y los efectos o impactos de éstas sobre aquél:

$e_j R a_i \longrightarrow C_{i,jh} =$ Capacidad del tipo h del elemento j para acoger la actividad i .

$a_i R e_j \longrightarrow I_{jh,i} =$ Impacto de la actividad i sobre el tipo h del elemento j .

Cuando el modelo opera con áreas homogéneas, no ya para cada elemento, sino para el conjunto de ellos, el problema es un caso particular, más sencillo en esta etapa: las actividades han de relacionarse con un solo elemento, la unidad ambiental.

En cualquiera de los casos, se trata de expresar cada particular relación medio-actividad, de atribuir un significado dentro de un marco definido precisamente por las características de ambos términos de la relación. Pero los datos recogidos y utilizados en los trabajos de planificación física, muestran una **gran heterogeneidad** y en su mayor parte son **difícilmente cuantificables**. Estas circunstancias impiden el uso de las escalas cardinales clásicas y hacen necesario el manejo de otras, nominales u ordinales, a las que apenas se había recurrido en los problemas clásicos de medición y valoración. Su utilización tropieza con el arraigo de la cuantificación convencional, que no admite matices ni tolera imprecisión; sin embargo, la efectividad y la validez de estas escalas se admite generalmente -y no sólo porque no existe otra posibilidad-, y su empleo es cada vez más frecuente en problemas como los relacionados con el paisaje y con el entorno natural, cuya cuantificación es, si no imposible, sí de gran dificultad por otros medios.

Los conflictos en la asignación de usos al suelo

Llegados a este punto, la situación es la siguiente:

- . Se ha reunido la información necesaria, expresada en forma de mapas en su mayor parte, o de cuadros que admiten una posterior referencia cartográfica.
- . La información se ha hecho operativa, transformando los datos, cuando fue preciso, en otros adecuados para su manejo; traduciéndolos, en suma, al lenguaje de la planificación física.
- . El territorio está valorado y/o clasificado según su capacidad para acoger las distintas actividades. Se conocen también los impactos que el desarrollo de las actividades causaría en el medio, definidos según un cierto baremo y localizados.

Si se trata de estudiar una sola actividad, el problema sería relativamente sencillo: cada punto o cada unidad territorial está definido por su capacidad para acoger la actividad y por el impacto que ésta produciría. Si se diera la circunstancia de que los puntos con **mayor capacidad** fueran, al mismo tiempo, los que **menor impacto** recibieran, el problema estaría resuelto. En otro caso, aparece ya la dificultad básica: hay que decidir entre una serie de capacidades y una serie de impactos, admitiendo una localización correspondiente a cierta capacidad, que no es la mayor, y a un impacto que se estima **admisible**. Los extremos de la escala consistirían en localizar dónde es óptima la capacidad, cualquiera que sea el impacto, y en localizar dónde es mínimo el impacto, cualquiera que sea la capacidad. Estos casos extremos se presentan en la realidad, en especial el primero, cada vez con mayor frecuencia el segundo, propugnado por algunos movimientos conservacionistas. Es claro que las probabilidades de que tales extremos correspondan a un óptimo general son muy pequeñas.

Nos encontramos, pues ante un **problema de optimización** de funciones con objetivo múltiple, sujetas a restricciones. Este campo ha supuesto un fructífero apoyo investigador en la planificación física.

Relaciones inter-actividades

Cabe, ciertamente, imaginar actividades que se excluyen mutuamente, simplemente porque no son superponibles, o bien porque el desarrollo de una puede afectar decisivamente a la otra. Tal será el caso de una repoblación frente a una urbanización, o el de una estación de invierno frente a la conservación de la fauna. Pero también se dan actividades compatibles, bien porque pueden realizarse en el mismo lugar, o bien porque sus efectos sobre la otra no son significativos: una repoblación frente a actividades informales de recreo, o un parque natural frente a la ganadería extensiva.

Por otro lado, el problema puede simplificarse cuando se den zonas, dentro del territorio, que sólo resultan aptas para desarrollar una actividad y que, por lo tanto, no presentan conflicto de asignación.

Se hace necesario, pues, estudiar ante todo si las actividades previstas son compatibles o no; esto es: se precisa definir la **compatibilidad** entre las diferentes actividades atendiendo a las exigencias e implicaciones que tiene cada una respecto a las otras.

El sistema normalmente utilizado para indicar el grado de compatibilidad es construir una matriz en la que los ejes vertical y horizontal representan las diferentes actividades, expresando en cada casilla de la matriz bien por medio de signos, bien por medio de cifras, los distintos grados de compatibilidad que se establezcan.

Si las actividades que pueden desarrollarse en una unidad son compatibles entre sí, dicha unidad podría asignarse directamente por no existir conflictos. Queda, pues, por resolver el problema que presentan las unidades con actividades conflictivas, que se ha abordado generalmente por la búsqueda de **soluciones no inferiores**.

5. LOS MODELOS DE BASE ECOLOGICA EN LA PLANIFICACION FISICA

La planificación física plantea siempre numerosos problemas, que adquieren especial dificultad cuando se penetra dentro del marco de la planificación integrada. En el ámbito rural o natural, el primero de tales problemas es el llamado uso múltiple o, más precisamente, la consecución de objetivos múltiples que nace de la diversidad de bienes y de servicios que produce el espacio natural, y de las dificultades de valoración asociadas muchas veces a algunos de dichos bienes y servicios. Por ejemplo, en las áreas forestales puede pretenderse maximizar tanto la producción como la calidad del medio ambiente. Pero además, los objetivos a alcanzar en las tareas de planificación, tienen a veces algunas o todas de las siguientes particularidades:

- . Son **conflictivos**; es decir, no pueden, por lo general, maximizarse conjuntamente.
- . No son **commensurables**; es decir, se miden en unidades distintas, como podrían ser las unidades monetarias para la producción de madera, y las partes por millón de un determinado contaminante para la calidad ambiental.



- . Algunas de las variables y parámetros que intervienen en la consecución de los objetivos (o de otra manera, que definen la capacidad del territorio para desarrollar una determinada actividad) escapan muchas veces a la métrica convencional en tanto que:
 - . **No son medibles** (la belleza de un paisaje, la singularidad de una formación rocosa, la escasez de una especie, el deterioro de ciertas formas de vida agraria...).
 - . **No son valorables** (los mismos anteriores y otros que son medibles, como los índices de contaminación).

La necesidad de diseñar modelos de ordenación territorial basados en los caracteres del medio natural, surgió con espontaneidad a principios de los años 60. El trabajo comenzó de forma casi intuitiva, al estar realizado por especialistas en una rama concreta, que se enfrentaban con una tarea netamente pluralista e interdisciplinar. Los primeros trabajos son de tipo principalmente descriptivo, con distintos niveles de profundidad en la inventariación y en el análisis. Pero pronto la consideración de los valores naturales, limitada antes a la simple definición individual en términos cuantitativos, es decir, a modelos de factor único, se orienta hacia los sistemas de que forman parte y hacia la introducción de factores cualitativos.

Los procedimientos seguidos pueden agruparse, según su contexto territorial, en dos grandes líneas:

- . Enfoque propiamente territorial, cuando el medio ambiente es un valor a considerar dentro de una asignación de usos al suelo.
- . Enfoque dirigido a solucionar un problema específico, que casi siempre adopta la forma de un problema de localización (de una industria, de una carretera...).

Dicho de otra manera, unos procedimientos actúan sobre **superficies extensas** y otros se refieren a **representaciones puntuales** o **lineales**.

Al mismo tiempo, pueden considerar el medio natural en sí, clasificándolo según sus valores intrínsecos, con independencia de los factores externos que puedan incidir sobre él. O bien, se dirigen hacia la expresión de las relaciones entre los componentes del medio y las actividades humanas; expresión que normalmente se formula como la **capacidad** del medio para acoger distintas actividades, o como el **impacto** que éstas causan en aquél.

En cuanto al desarrollo metodológico, cabe también hacer una primera separación, según se basen en:

- . El estudio del orden o estructura del medio, para llegar a la definición de **unidades homogéneas**; es decir, de comportamiento uniforme frente a las diversas posibilidades de actuación, o simplemente homogéneas "in se".
- . La caracterización de los **elementos útiles o significativos** del medio, para estudiar su reacción individual frente a cada una de las actividades previstas, trasladando la fase de integración a una etapa posterior de comparación de actividades; o bien, para clasificarlos según su valor intrínseco en un contexto dado.

La determinación de áreas homogéneas

Los modelos que se apoyan en la división del territorio en áreas homogéneas, buscan la definición de unidades territoriales, cuya reacción o comportamiento ante determinadas actividades sea la misma. La definición de las áreas puede hacerse a través de un proceso de divisiones sucesivas, según distintos caracteres del medio, o bien mediante divisiones separadas e independientes para cada uno de los caracteres que se consideren relevantes, seguidas de una superposición que permite establecer las unidades homogéneas (Hills, 1965; González Bernáldez, 1973).

Hills, 1965, procede según un gradiente de factores climatológicos y geomorfológicos. Dentro del área a estudiar - en su caso, Canadá-, efectuó la primera división en base a semejanzas climáticas. Las zonas así obtenidas se dividen, a su vez, en **subzonas**, según caracteres geológicos, litológicos o geomorfológicos. La consideración más detenida del clima clasifica las subzonas en **clases fisiográficas**, y la introducción de caracteres del suelo -humedad, profundidad de la roca madre- divide a éstas en **tipos fisiográficos**. Pero éstos pueden agregarse en **tipos totales**, que Hills hace coincidir con el ecosistema, dando entrada a las clases de vegetación.

Las unidades obtenidas se enfrentan con cuatro categorías generales de usos del suelo: agrícola, forestal, recreo y conservación; cada una con sus requisitos específicos. Se estudia para cada unidad su **capacidad**, o potencial de producción, en condiciones óptimas, su **adecuación** o respuesta actual a las prácticas propias de la gestión, y su **viabilidad** o potencial para admitir un desarrollo en las condiciones socio-económicas vigentes. Estos tres puntos se estudian tanto a nivel local como de conjunto, para acabar recomendando un uso

determinado, que puede ser múltiple, y va entonces acompañado de una definición del uso principal.

González Bernáldez, 1973, propugna, como punto de partida, que el potencial de utilización de un territorio determinado es función de los factores que en él concurren y de las interacciones entre ellos, constituidos unos y otras en sistema.

El tipo de prospección debe llevarse a cabo mediante indicadores, perceptibles directamente en el trabajo de campo y generalmente fotointerpretables, y conduce a que las unidades ambientales sean en realidad unidades de percepción o unidades de paisaje. En efecto, corresponden a los fenosistemas o "partes perceptibles del sistema de relaciones subyacentes".

En la definición de las unidades ambientales se deben tener en cuenta muy diversos indicadores; principalmente los rasgos geomorfológicos, los usos del suelo y los tipos y distribución de la vegetación, enunciados de manera que sus combinaciones constituyan una síntesis de información. El nivel de profundización en cada uno de los caracteres escogidos ha de estudiarse cuidadosamente, para evitar pérdidas de información que podrían dar lugar a unidades falsamente homogéneas; pero también para huir del exceso de datos, que conduciría a unidades de superficie excesivamente pequeña, a plazos de realización largos y a costos elevados. La homogeneidad de un territorio no es un término absoluto y ha de estar referida, como antes se dijo, a la finalidad del estudio.

El estudio pasa después a una fase de diagnóstico o predicción, que valora la respuesta de las unidades ambientales frente a distintas e hipotéticas intervenciones humanas, como pueden ser la localización de actividades, esto es, asignación de usos al suelo. El conjunto descriptivo-valorativo constituye así un sistema coherente que permite la comparación de diferentes alternativas en el planteamiento.

La caracterización de elementos significativos

Este tipo de métodos, Ramos et al, 1979, constan de cuatro etapas. La información se reúne y clasifica en las dos primeras y se elabora en las dos últimas. La primera es la selección o inventario y la cartografía de los caracteres del medio que serán utilizados como información básica. La segunda etapa consiste simplemente en determinar las actividades existentes o potenciales y en agruparlas de forma operativa basándose en criterios de finalidad. La tercera establece las relaciones entre elementos del medio y actividades, a través de escalas ordinales y nominales y las traduce en mapas de capacidad e impacto para las actividades.

$$e_j R a_i \longrightarrow V_{i,e_j} \longrightarrow N_{ip}$$

R = Relación entre el elemento j del medio y la actividad i .

V_{i,e_j} = Capacidad del elemento j para acoger la actividad i , o impacto de la actividad i sobre el elemento j .

N_{ip} = Valor del nivel p para la escala o para el mapa.

En la cuarta etapa se produce la **propuesta de asignación de usos**, basándose en el criterio del aprovechamiento de la máxima capacidad y la generación del mínimo impacto en cada punto del territorio.

En los modelos genéricos anteriores se han basado prácticamente la totalidad de las aplicaciones de la planificación física en los últimos veinte años.

6. BIBLIOGRAFIA

BELKNAP, R.J., 1969. **Three approaches to environmental resource analysis**. Harvard University, Harvard.

GONZALEZ BERNALDEZ, F., et al, 1973. **Estudio ecológico de la Subregión de Madrid**. COPLACO, Madrid.

HILLS, G.A., 1965. **The ecological basis for land-use planning**. Department of Lands and Forests, Research Report 46, Ontario.

RAMOS, A., et al, 1979. **Planificación física y ecología. Modelos y métodos**. EMESA, Madrid.

RAMOS, A. y GONZALEZ ALONSO, S., 1975. La calidad del medio ambiente en los modelos de clasificación del territorio. In: A.Ramos y A.E. Weddle (Eds.), **I Curso de Planificación Integrada del Paisaje Forestal**. ICONA, Madrid.

ZONNEVELD, I.S., and FORMAN, R.T.T., 1990. **Changing Landscapes: An Ecological Perspective**. Springer-Verlag, New York.

TEMA N° 6

ANALISIS AMBIENTAL DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS



**IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRODUCCION DE ASTILLAS DE LENGUA
PARA EXPORTACION EN MAGALLANES, XII REGION, CHILE**

MILLARAY HERNANDEZ ERAZO¹

¹ Ingeniero Forestal
Magister en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente
Unidad de Estudios
Corporación Nacional Forestal (CONAF)
Casilla 412, Coyhaique



RESUMEN

Se analiza el impacto ambiental de la cadena productiva de astillas originada en el bosque de lenga (Nothofagus pumilio); en la Provincia de Magallanes de la XII Región de Chile; sobre el medio ambiente natural, el construido y social, componentes del medio ambiente humano y la calidad de vida de la comunidad magallánica. Para tal efecto, se utilizan metodologías de análisis computacional mediante ARC/INFO y Expert Choice. La investigación se centra en antecedentes bibliográficos y toma de datos en terreno sobre aspectos biofísicos, con análisis posterior de laboratorio. En el ámbito humano, se basa en bibliografía, entrevistas y trabajo grupal para colecta de datos sociales y análisis de percepción ambiental de la comunidad magallánica, respecto a la cadena productiva de astillas de lenga para exportación. Concluye identificando impactos ecológicos, sociales, económicos y sobre la infraestructura regional.

INTRODUCCION

Si la conversación en cuanto al uso del Bosque Nativo en Chile ha sido un tema sensible en la comunidad nacional, mucho más crítico es el debate respecto a la exportación de astillas. La controversia presenta muchas facetas: aspectos ambientales, ecológicos, filosóficos, sociales, económicos, culturales, etc. En definitiva, la producción de astillas de bosque nativo, cuyo quehacer se desarrolla y provoca diversos impactos en el territorio y en la comunidad, se inserta en una cadena de producción que finaliza fuera del territorio nacional. Las pautas de la gestión productiva son en gran medida establecidas por el país que concluye la cadena de producción. Constituye un caso representativo de inserción de exportaciones de un país en vías de desarrollo en una economía mundial globalizada.

Existe consenso a nivel nacional relativo a que, para que el crecimiento económico sirva efectivamente para lograr un desarrollo nacional, debe ir unido a criterios de acción que signifiquen equidad social y sustentabilidad ambiental. Otra cosa, bastante distinta, es el acuerdo en cuanto a la forma concreta en que esos objetivos y propuestas de equidad y sustentabilidad son o debieran ser canalizados en la realidad.

El análisis de la dimensión ambiental de los grandes proyectos de inversión es una instancia apropiada para reflexionar sobre la marcha de la gestión ambiental nacional. Estos proyectos están entre las mayores acciones de transformación productiva que se realizan en Chile, con efectos importantes tanto a corto como a largo plazo. Constituyen procesos reales de acción sobre

el ambiente, por lo cual es posible evaluar hechos concretos y no sólo propuestas etéreas. Indagar sobre la dimensión ambiental de los megaproyectos nos remite a la gestión ambiental de la Nación, es decir, a la forma concreta en que las políticas, objetivos y propuestas ambientales del Gobierno y de la comunidad nacional son canalizados en la realidad.

El presente documento es el resumen de una investigación académica que constituye un intento de respuesta metodológica para abordar el tema de la transformación productiva del Bosque Nativo de Chile y sus efectos sobre la calidad de vida de sus habitantes, en un mundo donde la economía globalizada es un hecho concreto. Se basó en un estudio de caso representado por la cadena productiva de astillas provenientes del bosque de lenga (Nothofagus pumilio) para fines exportación, proceso liderado por una empresa forestal cuya planta astilladora se encuentra localizada en la ciudad de Punta Arenas, Provincia de Magallanes, en la XII Región de Chile.

MARCO TEORICO

La fundamentación teórica del análisis ambiental efectuado parte de la premisa que..."Hay un destino universal de la Tierra y de todos sus bienes porque el hombre tiene derecho a encontrar en la tierra todos los bienes para su subsistencia. Por lo tanto el hombre es más verdaderamente humano en la medida que, mediante el trabajo, convierta los dones de la naturaleza en bienes útiles para la sociedad que lo acoge. En un enfoque cristiano, la sociedad apunta concientemente a potenciar y convertir las fuerzas del mundo físico en instrumentos de la libertad del hombre. En este contexto, resultaría contradictorio con la visión cristiana del desarrollo aceptar que en el acto de transformar la naturaleza, la sociedad pueda degradarla, deteriorarla o agotarla irreversiblemente."

..."En cambio, era voluntad del Creador, que el hombre se pusiera en contacto con la naturaleza como dueño y custodio inteligente y noble y no como explotador y destructor sin ningún reparo." (JUAN PABLO II, 1979)

De acuerdo a lo expuesto, el análisis adopta como concepto de Desarrollo al conjunto de procesos impulsados por el ser humano cuyo objetivo final es dignificar la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.

OBJETIVOS

El objetivo fundamental del estudio es identificar las variables más relevantes, en cuanto a impacto sobre el medio ambiente humano, que deben ser pre-evaluadas y monitoreadas en un proyecto de inversión forestal, analizado en un contexto global de fomento del desarrollo nacional y mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades ligadas a la ejecución del proyecto.

Como objetivos secundarios o instrumentales se determinaron:

- Elaborar una metodología de evaluación de impacto ambiental de proyectos forestales, cuya aplicación sea factible e idónea para la realidad nacional, considerando los cambios que se producen en el medio ambiente natural (MAN), medio ambiente construido (MAC) y medio ambiente social (MAC)
- Contribuir al análisis de la gestión ambiental regional en Chile, detectando fortalezas y debilidades, mediante el estudio de un caso concreto de cadena productiva, claramente acotada espacialmente y situada en una región con un sistema productivo poco integrado al resto del país, con el objeto de simplificar el análisis de variables relevantes.

Se seleccionó como estudio de caso la cadena productiva de astillas de lenga para exportación de la empresa Magallánica de Bosques S.A. en la XII Región. Entonces se agregó como objetivo complementario a nivel regional lo siguiente:

- Contribuir a la formulación de políticas sobre transformación productiva del bosque de lenga mediante la entrega de antecedentes concretos sobre los impactos ambientales que provoca la cadena productiva de astillas con la tecnología y criterios aplicados actualmente.

HIPOTESIS

Como herramienta metodológica de trabajo se optó por utilizar una "hipótesis nula", la cual podría ser discutida con los antecedentes sobre los efectos ambientales de la actividad productora de astillas que actualmente se encuentra en ejecución en la XII Región.

Hipótesis Nula :

"El proceso productivo de astillas con fines de exportación generado a partir de la explotación maderera del bosque de lenga magallánico, con la tecnología y criterios actualmente aplicados, fomenta el crecimiento económico regional, no genera impactos ambientales inaceptables y contribuye a elevar la calidad de vida de los asentamientos humanos relacionados."

A partir de la discusión de la hipótesis nula se pretende obtener, como objetivo terminal, medidas concretas de tipo preventivo o correctivo que conduzcan al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad regional, según el marco jurídico e institucional vigente.

METODOLOGIA

Antes de analizar en detalle los requisitos que deben cumplir las metodologías potencialmente utilizables para evaluación de impacto ambiental, fue necesario identificar el alcance de la palabra evaluación.

"Evaluar significa *valorar, estimar el valor de las cosas no materiales*. Sin embargo, el hecho de que la evaluación ambiental sea una fase del proceso de planificación en la cual se valoran las ventajas e inconvenientes de cada alternativa para alcanzar una decisión adecuada, ha imbuído a la palabra un sentido de **comparación**, además del propio de **valoración**." (ARCE, 1988)

Las tareas básicas que deben enfrentarse al efectuar la evaluación de impacto ambiental son:

- A: Definir conceptualmente y acotar espacialmente el significado de medio ambiente para efectos específicos de análisis ambiental del proyecto o programa a evaluar.
- B: Identificación de impactos.
- C: Predicción de la magnitud de los impactos.
- D: Interpretación de impactos.
- E: Valoración global de impactos por alternativa de acción.
- F: Comparación de impacto global entre alternativas de acción.

Para definir y describir el medio ambiente físico-biológico del caso de estudio se utilizó el Sistema de Información Geográfico ARC/INFO para PC. Mediante este método se efectuó un análisis computacional para segregar zonas ambientalmente homogéneas, semejante al método de las transparencias propuesto por McHarg en 1968.

Mediante los diversos procesos de manipulación de la información que posee el software ARC/INFO, se reclasificó la información cartográfica disponible, segregando Unidades Ecológicamente Homogéneas en las áreas cubiertas por bosque con presencia de lenga y corredores en torno a caminos y bosque potencialmente explotable, para estimar el efecto en el espacio geográfico de impactos relevantes determinados por procesos naturales y artificiales. También se efectuaron análisis de proximidad y de superficie.

La información generada se presenta en capítulo de resultados en la forma de mapas temáticos y tablas de resultados. Se entrega a dos niveles de análisis: un nivel macro, escala 1:250.000 para el área potencial de abastecimiento de la planta astilladora; y un análisis focalizado escala 1:20.000 para la unidad de manejo formada por los predios Primavera y Santa Irene, actualmente objeto de explotación para abastecimiento de astillas.

Una vez efectuada la revisión de la información bibliográfica disponible sobre lo ambiental y recursos naturales en la XII Región, y los antecedentes preliminares disponibles respecto al Proyecto Astillas; se concluyó que el espacio geográfico potencialmente afectado estaba definido por la presencia de bosques de lenga y el radio de abastecimiento comercialmente apto para la planta astilladora, localizada en Punta Arenas

Bajo la premisa anterior, se efectuó un análisis de la cartografía disponible mediante SIG, circunscrita a:

- Por el Sur, la Península de Brunswick.
- Por el Este, al Estrecho de Magallanes y su proyección rumbo norte pasando por Laguna Blanca hasta el límite con Argentina.
- Por el Norte, el límite con Argentina hasta aproximadamente Río Rubens.
- Por el Oeste, el límite con el mar representado por el Fiordo Obstrucción hasta el Estrecho de Magallanes, incluyendo la Isla Riesco.

Una vez analizada computacionalmente la cartografía, se concluyó que existían dos zonas prioritarias de abastecimiento maderero: Península Brunswick y sector entre Seno Skyring y límite con Argentina. Se resolvió visitar ambas zonas para una prospección extensiva y confrontar esa visión con antecedentes aportados por la Corporación Nacional Forestal y Magallánica de Bosques S.A. respecto a expectativas de explotación maderera de bosque de lenga a corto y mediano plazo.

Se decidió focalizar el análisis ambiental sobre una unidad de manejo concreta, por razones de costo, tiempo y confiabilidad de resultados. Se resolvió coleccionar en esa área antecedentes de

terreno relevantes, no disponibles en bibliografía, referidos a suelos y bosque, representativos de las unidades ecológicas homogéneas identificadas mediante análisis de SIG. Se efectuaron calicatas, con captura de muestras de suelo por estrato y medición dasométrica de altura total de dosel superior y colecta de tarugos de incremento diamétrico. Dado que el objetivo era simplemente coleccionar información complementaria para el análisis de impactos, no se efectuó diseño estadístico de muestreo. Se tomaron muestras en condiciones de sitio de solana, umbrana y terrenos planos, dentro del bosque de lenga.

La identificación de impactos requiere la participación de un grupo de expertos que ayudan a inventariar, clasificar y manejar la información. Por ello se recurrió tanto a entrevistas personales como a trabajo en grupo con expertos, a quienes se expuso los resultados de la combinación de los métodos SIG y de focalización de observaciones de campo. De esta forma se identificaron los aspectos más relevantes en cuanto a impacto ambiental biofísico de las cuatro etapas de la cadena productiva de astillas.

Mediante una caracterización de la calidad de vida (Método Contreras y Cordero, 1982) de trabajadores de diversas actividades económicas típicas de la XII Región, elaborada en base a observación directa, entrevistas a obreros, dirigentes sindicales y asistentes sociales, se procedió a evaluar la calidad de vida de aquellos trabajadores involucrados en la cadena productiva de astillas. Con la participación de expertos se detectaron los principales impactos sobre su medio ambiente social.

Por razones de tiempo y costo, en este caso se aplicó un método iterativo de identificación y predicción de impactos en rondas sucesivas de entrevistas con expertos.

Una vez concluida la aplicación de técnicas de evaluación primaria de impactos, se construyó un diagrama de redes, ordenando los impactos relevantes según las interacciones entre componentes ambientales, para determinar las relaciones causa/efecto identificando los efectos primarios, secundarios y terciarios. Esta red volvió a ser sometida a la consulta individual de expertos para correcciones en cuanto a relaciones causa/efecto y la importancia relativa entre impactos.

Dado que la evaluación de impactos se aplicó sobre un proyecto ya en marcha, se aplicaron matrices y redes parciales toda vez que se pudo identificar alternativas en las acciones del proyecto.

Para una evaluación global respecto a las fortalezas y debilidades de la cadena productiva de astillas respecto a

otras cadenas productivas existentes en la región, de acuerdo a lo planteado en hipótesis nula, se utilizó el software Expert Choice 8.0, basado en Método Analítico Jerárquico, uno de los métodos más reciente y avanzado para análisis multicriterios, usado actualmente en evaluación de impacto ambiental.

Los conceptos básicos del método son :

- Para entender un problema se asume que podemos describirlo, definir relaciones entre sus partes y utilizar nuestros conocimientos y juicios para relacionar las partes de acuerdo a un propósito definido.
- Para desarrollar opiniones y conocimiento, uno debe ser capaz de interactuar con el mundo real y su gente y obtener información sobre la situación particular.
- Para disminuir posibles riesgos es necesario analizar y enfrentar la situación desde diversos puntos de vista, lo que implica una toma de decisiones.
- La toma de decisiones es un proceso que consiste en: estructurar un problema como una jerarquía o un sistema con lazos de dependencia; explicitar juicios que reflejan ideas, sentimientos y emociones; representar dichos juicios; sintetizar resultados; y analizar la sensibilidad del resultado frente a cambios en los juicios.

Es necesario explicitar qué es objetividad y qué es subjetividad. Un dato objetivo es información recibida por los sentidos, sobre cuyo contenido hay acuerdo general. En el caso de un impacto ambiental, lo objetivo es la medición física del fenómeno, si es que ello es posible. Una vez que el dato objetivo es interpretado, pasa a ser un dato subjetivo. Por tanto, la valoración de impactos ambientales es una acción intrínsecamente subjetiva. Los acuerdos sobre los datos objetivos se producen a través de la subjetividad.

La medición, o la obtención de un dato objetivo, se efectúa mediante el uso de diversas escalas que no pueden combinarse. Ello obliga al concepto de prioridad, que se convierte en una unidad abstracta, válida para todas las escalas.

El AHP utiliza una escala de prioridades basada en la preferencia para combinar las escalas no únicas de múltiples criterios.

El AHP está basado en cuatro axiomas matemáticos: condición de reciprocidad; homogeneidad; dependencia; y expectativas. (SAATY, 1988).



A través de la aplicación del método AHP se pretendió lograr la valoración global de impactos por alternativa de acción y una comparación de impacto global entre alternativas de acción, de acuerdo a la percepción de la comunidad afectada por el proyecto analizado.

CONCLUSIONES

El proyecto astillas es una materia que ha generado una fuerte discusión al interior de la comunidad magallánica, siendo junto con el agujero en la capa de ozono los temas principales de preocupación respecto a lo ambiental en la región.

La fundamentación a favor del proyecto es de índole económica: generación de empleo para la región, efecto multiplicador en lo económico de una nueva actividad productiva en Magallanes, y aporte de divisas por exportación no tradicional. En contra del proyecto se señala: destrucción del bosque nativo como patrimonio regional, pérdida de biodiversidad, escaso nivel de conocimiento científico y tecnológico respecto a los bosque de lenga, escaso valor agregado de la exportación de astillas.

En la práctica, el proyecto no ha generado una fuente de empleo significativo a nivel regional, ya que la mayor parte de las faenas se efectúa mediante contratistas que importan temporalmente la mano de obra, las maquinarias e insumos que demanda la producción chipera. La mayor parte proviene de la VIII Región, y actúa como enclave, sin mayor relación con la comunidad puntarenense.

Hay ciertos aspectos biofísicos de la explotación maderera, como daño edáfico, que requieren medidas correctivas. En general la explotación del bosque de lenga se ajusta a lo dispuesto por la legislación forestal en los predios de propiedad de la Empresa Chipera. Sin embargo, esta legislación tiene un fuerte sesgo maderero y no considera la protección de valores patrimoniales como la biodiversidad, por lo que no existe una base legal para acotar el uso de un bien, el bosque nativo, que la ley califica como privado pero el cual la comunidad percibe culturalmente como un bien social. En definitiva, los montos de explotación anual, inferior a 2.000 Há., y las normas silviculturales aplicadas menoscaban el bosque como Herencia Natural, pero tienden a incrementar su valor futuro como recurso maderero. Esto último es sólo válido en el caso de los predios de propiedad de Magallánica de Bosques. Se observó grave destrucción tanto del recurso maderero como del ecosistema en predios de otros propietarios que han vendido materia prima a la Planta Chipera.



El principal impacto producido por la cadena productiva de astillas, desde un punto de vista de percepción de la comunidad, es el derivado de la localización de la Planta Chipera, situada dentro del radio urbano del plano regulador de Punta Arenas, con instalación portuaria propia en Punta Arenosa, dónde está proyectada construcción del Nuevo Puerto de Punta Arenas. La coexistencia futura de ambas actividades ofrece serios riesgos por la probable presencia aledaña, en tierra, de combustible leñoso y tanques de hidrocarburo para servicio de combustible a naves extranjeras y nacionales. Además existe en el mar un riesgo de impregnación de astillas que caen al Estrecho de Magallanes, con vertidos parafínicos provenientes de las naves en Puerto, en una zona de fuertes vientos y con alta presencia humana, capaz de generar un foco de incendio.

En el ámbito social, el efecto estético y también psicológico de la montaña de astillas de la planta chipera, situada en el extremo norte del radio urbano y visible desde la ciudad; y la visión de camiones cargados de trozos de lenga que ingresan constantemente a la industria, son interpretados por la comunidad como un testimonio de la destrucción de los bosques de lenga, generando una percepción de destrucción de su identidad. La gente tiende a identificar el bosque nativo con la chilenidad y su conversión en astillas como una destrucción de dicha identidad, apareciendo el astillado como una actividad desvinculada de la industria de la madera. El bosque, como comunidad de flora y fauna, refuerza la metáfora de la comunidad humana, **nosotros los chilenos**, y proporciona una figura identificatoria inmediata: **nuestras raíces**. La comunidad puntarenense percibe un carácter identificatorio como algo propio del bosque nativo, a diferencia de otros recursos naturales como los mineros o pesqueros. En cuanto al nombre de astilla, el concepto tiene dos connotaciones: desechos y destrucción (hacer astillas). La astilla es convertida en símbolo de destrucción. Si bien exportar es una actividad percibida como esencialmente benéfica por la comunidad, el asunto se complica cuando **"aquellos que se exporta es nuestra identidad convertida en basura"** (Cita textual entrevistado, 24/11/93).

En cuanto al ambiente construido, el diseño de la carretera norte, sin bermas, con una vía pavimentada, una vía de ripio, alta frecuencia de camiones chiperos y frecuentemente sobrecargados; ha provocado diversos accidentes carreteros y amenaza la integridad de la ruta si no se establece control de pesaje en acceso a ruta pública del transporte maderero.

El abastecimiento masivo de materia prima desde Península Brunswick, al sur de Punta Arenas, donde la empresa posee predios aún sin explotar, generaría un impacto inaceptable sobre la funcionalidad vial actual de Punta Arenas, ya que

implica cruzar la ciudad desde el extremo Sur al Norte, por la vía principal junto al damero fundacional. No existe ruta alternativa para camiones de carga actual, ni proyectada.

En cuanto al crecimiento económico, la exportación de astillas significa bajo términos de evaluación social de proyectos, una pérdida de materias primas, una exportación de sustentabilidad ambiental, con costos sociales en cuanto a gastos de operación y reposición de infraestructura, y gastos de operación institucional estatal de apoyo mayores al retorno financiero (impuestos) que genera el proyecto, con rentabilidad social negativa para la región. La evaluación financiera en términos privados presenta una alta rentabilidad. Cabe señalar que la tributación de una empresa fuera de la región que origina sus ingresos es, desde el punto de vista de la comunidad magallánica, un símbolo del centralismo, no productivo por sí mismo, sino sustentado en la explotación de los recursos naturales de las regiones periféricas.

Se identificaron como los aspectos más relevantes que deben ser pre-estudiadas y monitoreadas en este tipo de proyectos los siguientes:

1. **Explotación maderera del bosque de lenga**
 - 1.1 Deterioro del recurso suelo
 - 1.2 Preservación de la biodiversidad
 - 1.3 Alteración del ecosistema bosque de lenga
 - 1.4 Problemas de capacitación de la mano de obra
 - 1.5 Efecto sobre empleo de mano de obra regional
 - 1.6 Efecto socio-cultural de organización productiva
 - 1.7 Insuficiencias de legislación vigente
 - 1.8 Problemas institucionales para control forestal y laboral de faenas
2. **Transporte de materia prima a la industria**
 - 1.1 Interferencia en uso de caminos públicos con otras actividades regionales
 - 1.2 Compatibilidad entre diseño de caminos públicos y requerimientos del proceso de transporte de materia prima a Planta Industrial
 - 1.3 Institucionalidad local para aplicación de normativa de vialidad sobre transporte de carga por carreteras
3. **Planta industrial de astillado**
 - 3.1 Eliminación de desechos
 - 3.2 Contaminación marina por desplazamiento eólico de astillas
 - 3.3 Localización en radio urbano, según plano regulador
 - 3.4 Efecto sobre el paisaje
 - 3.5 Emisiones sonoras
 - 3.6 Institucionalidad local para capacitación laboral
 - 3.7 Institucionalidad local para control de seguridad e higiene industrial

4. Proceso de exportación de astillas

- 4.1 Interacción entre puerto Magallánica y futuro puerto de Punta Arenas
- 4.2 Procesos sinérgicos entre embarque de astillas, astillero contiguo y servicio naval de combustibles en área de influencia en Estrecho de Magallanes
- 4.3 Monto y destino de recaudación de impuestos de exportación de astillas respecto a desarrollo regional
- 4.4 Institucionalidad local existente para control de proceso productivo
- 4.5 Incidencia del proceso de exportación sobre la calidad de vida de la comunidad magallánica

Cada uno de los aspectos mencionados constituyen aspectos sobre los cuales es necesario efectuar correcciones en la cadena productiva.

Como norma general respecto a la conservación del bosque se señala como medida básica incorporar como herramienta de manejo los conocimientos existentes respecto a factores de tensión o stressores en los biomas de bosque de Patagonia (Richter y Frangi, 1992)

PLAN DE CONTROL Y EVALUACION AMBIENTAL PROYECTO
EXTRACCION BORATOS EN EL SALAR DE SURIRE

EDUARDO NUÑEZ ARAYA¹
JUAN PABLO CONTRERAS R.²
EDUARDO RODRIQUEZ R.³

¹ Geógrafo
Corporación Nacional Forestal (CONAF)
I Región de Tarapacá
Casilla 1484, Arica

² Ingeniero Forestal
Corporación Nacional Forestal (CONAF)
I Región de Tarapacá
Casilla 1484, Arica

³ Profesor de Estado en Biología
Corporación Nacional Forestal (CONAF)
I Región de Tarapacá
Casilla 1484, Arica

1. INTRODUCCION

El Salar de Surire se encuentra localizado en los 18° 50' de latitud sur y 69° 30' de longitud oeste, a una altitud aproximada de 4.250 m.s.n.m. y con una superficie aproximada de 13.200 ha, ubicado en la Provincia de Parinacota, Primera Región de Tarapacá. Parte del Salar de Surire se encuentra protegido por el Estado, a través de la categoría de manejo de Monumento Natural.

El Plan de Control y Evaluación Ambiental del Proyecto de Extracción de Boratos en el Salar de Surire, cuyo resumen ejecutivo se expone en el presente documento, constituye el documento de planificación básica que guiará en el largo plazo las acciones del control ambiental prescritas en el Decreto Supremo N° 12 de 1989 del Ministerio de Minería, y las evaluaciones y monitoreo ambiental necesarias de ejecutar en el Salar de Surire, en presencia de actividad minera.

Los programas y actividades del Plan están concebidos para ser ejecutados en Convenio y con la asistencia financiera de la Empresa Minera Sociedad Química e Industrial del Borax Ltda., y el Plan mismo es el resultado de una primera gestión entre dicha Empresa y la Corporación Nacional Forestal.

En la elaboración del Plan participaron profesionales de la Corporación Nacional Forestal, de amplia experiencia en evaluaciones de impacto ambiental de proyectos diversos en áreas silvestres protegidas.

El Plan se estructura en tres capítulos: El Proyecto Minero, en donde se expone el marco legal de la actividad minera, el proceso productivo y las normas ambientales que se imponen al proyecto; Antecedentes Legales y de Manejo del Monumento Natural Salar de Surire; Plan de Control y Evaluación Ambiental.

Como elementos de acción, el Plan contempla dentro del capítulo de planificación un conjunto de siete programas: Control de Campo, Control Administrativo, Línea Base Ecológica, Evaluación de Impacto Ambiental, Monitoreo Ambiental, Difusión e Informaciones.

Los programa de acción se enmarcan dentro de las tres líneas funcionales del Plan: Control Legal, Evaluación Ambiental e Informaciones. Estas líneas cubren integralmente los objetivos para el cual ha sido elaborado el Plan de Control y Evaluación.

2. EL PROYECTO MINERO

2.1 Marco Legal

2.1.1 Pertenencias Mineras

La Empresa Química e Industrial del Bórax Ltda. se constituyó legalmente con el principal propósito de explotar el Bórax del Salar de Surire, en el marco de las políticas de desarrollo económico del país y, especialmente, de la Primera Región, dando inicio a sus actividades el 19 de Mayo de 1986. En virtud de ello, la empresa puso en funcionamiento una planta de tratamiento de Bórax y, paralelamente, solicitó al Ministerio de Minería constituir propiedad minera sobre una serie de pertenencias en el Salar de Surire, con el fin de proceder a la extracción de materia prima para la producción de Bórax.

Las pertenencias mineras contempladas en el proyecto son quince en total y se denominan genéricamente Quiborax y Soquimbor. Todas ellas se encuentran en el Salar de Surire abarcando una superficie de 108,5 km², comprometiendo en su integridad o en parte el área del Monumento Natural Salar de Surire, y las cuales en su conjunto representan un 62,56% del área total del Monumento.

Es conveniente señalar que el campamento de la minera, así como las vías de acceso involucradas en el Proyecto, se encuentran emplazadas en terrenos de la Reserva Nacional Las Vicuñas.

2.1.2 Autorización Legal para Ejecución de Labores Mineras

De acuerdo al Código de Minería, específicamente en su Artículo 17, Numerarios 2° y 6°, los permisos para la ejecución de labores mineras en lugares declarados Parque Nacionales, Reserva Nacionales y Monumento Naturales, requieren de la aprobación expresa del Intendente Regional respectivo (numerario N° 2), y del Presidente de la República (numerario 6°), para ejecutar labores mineras en lugares que hayan sido declarados además de interés histórico o científico, como es el caso del Monumento Natural Salar de Surire.

Con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el citado Artículo 17 del Código de Minería, con fecha 19 de Junio de 1987, la Empresa Sociedad Química e Industrial del Borax Ltda. presentó al Sr. Presidente de la República la solicitud para la autorización de la ejecución de labores mineras en pertenencias

de la empresa ubicadas en el Salar de Surire, tanto dentro de los límites del Monumento Natural como fuera de él.

Dicha solicitud fue acogida a través del Decreto Supremo N° 12 del Ministerio de Minería de Febrero de 1989. En este Decreto, además de autorizarse la ejecución de labores mineras, se establecen una serie de disposiciones y normas de protección ambiental, a las cuales queda condicionada la autorización respectiva.

Por otro lado, dicho Decreto designa a la Corporación Nacional Forestal como responsable del control y supervisión de las disposiciones que impone el Decreto.

En general las disposiciones de proyección ambiental se refieren fundamentalmente a salvaguardar las poblaciones de flamencos que habitan en el salar. El análisis de dichas disposiciones se señalan en el punto N° 4. denominado "Restricciones al Proceso Extractivo y Consideraciones Ambientales del Proyecto.

2.2 La Materia Prima

2.2.1 El Mineral Superficial del Salar

El Bórax en su forma de Oxido de Boro, se encuentra formando parte de muchos minerales, uno de los cuales es la Ulexita que se encuentra en forma de sales en la superficie del Salar.

Esta, cuyo nombre común es BORONATROCALCITA, contiene aproximadamente en peso un 43,0% de Oxido de Boro (B_2O_3), en la cual tiene una infinidad de usos actualmente, además de posibilidades insospechadas en el futuro.

De acuerdo con el Proyecto, el producto a explotar es la Ulexita, la cual será extraída del Salar y enviada hacia la planta de tratamiento (planta de molienda y la de ácido bórico), ubicada en la Provincia de Arica, a 200 km. del Salar. Desde allí, previamente secada y molida, la Ulexita podría ser comercializada directamente y exportada como materia prima o destinarse a la producción de Acido Bórico. Los productos finales producidos son: Ulexita natural molida con 32 % de B_2O_3 y Acido Bórico Farmacéutico de 99,5 % de pureza.

Los estudios geológicos realizados en la zona (Salas R.) señalan que la superficie del Salar contiene concentraciones significativas de boratos de Sodio y Calcio al estado de sales sólidas no compactadas y de salmueras. Los sondeos efectuados indican la existencia de una capa superficial salina,

enriquecida de boratos de color blanco y apariencia muy pura, de aproximadamente 1 m de espesor con un contenido de Ulexita de alrededor de 30%.

Considerando sólo las pertenencias de la Sociedad Quibórax que abarcan 6.450 has del Salar y tomando en consideración una capa útil de explotación de 30 cm de espesor, existiría una reserva estimada de 19,35 millones de toneladas de mineral con más de 4,5% de Boro (34,36% de Ulexita). En consecuencia y estimando una explotación intensiva, de acuerdo a las condiciones señaladas por el Proyecto, se podrían realizar faenas de extracción de minerales aproximadamente durante 173 años.

2.3 El Proceso Productivo

2.3.1 Sistema Extractivo

Para la extracción del mineral del Salar, no se ha diseñado ningún sistema que implique un proceso mecanizado. La extracción se desarrolla manualmente y luego es removida por máquina pesada en las "canchas de secado".

El proceso de extracción de desarrolla desde mayo a octubre para evitar los efectos de las lluvias estivales que caracterizan al altiplano chileno, las cuales inundan el salar y el crecimiento de los ríos provocan la destrucción de caminos interrumpiendo el acceso.

La capacidad de extracción dependerá del número de operarios dedicados a esta labor, considerando un promedio de extracción de 5 toneladas día por trabajador por veinticinco días del mes en el salar. En la actualidad la extracción se realiza empleando aproximadamente 150 operarios, y posteriormente el material es manipulado por tres cargadores frontales, un tractor y una moto niveladora en las canchas de secado. Esto determina una producción anual de aproximadamente entre 5.000 y 6.000 toneladas mensuales de boratos, los que sin procesar se transportan a la planta química.

La extracción propiamente tal, consiste en remover la superficie utilizando pala y picota, seleccionar el material en forma manual, para luego trasladar el mineral en carretillas hacia los sectores de acopio, donde es movilizado en camiones hasta las canchas de secado.

Como consecuencia de las actividades de extracción de material y movimiento de maquinarias, la superficie alterada queda con una topografía irregular y depresiones que pueden presentar profundidades variables entre 30 cm a 1 m aproximadamente.

Con el objeto de ordenar y nivelar las irregularidades del terreno dejadas por la actividad de extracción, la empresa realiza un emparejamiento del terreno utilizando la maquinaria que se señaló anteriormente. Esto se realiza generalmente durante el mes de noviembre antes del inicio de la temporada de lluvias.

2.3.2 Sistemas de Apilamiento y Secado

El mineral Ulexita es almacenado en canchas de secado, desde donde es cargado en camiones para su posterior traslado hasta la planta localizada en la provincia de Arica, a 200 km del campamento.

En la actualidad se mantienen tres canchas de secado, ubicadas en los bordes del salar, en cada una de las cuales se manejan aproximadamente 12.000 tn de material.

El secado del material en la mina, antes de su traslado a la planta, permite reducir significativamente los costos de transporte debido a la reducción del peso general al lograr disminuir el contenido de humedad del material extraído hasta aproximadamente entre un 22 % a 25 %, antes de su traslado a la planta.

2.3.3 Transporte y Carguío

Las faenas de transporte de Ulexita desde el Salar hacia la planta se desarrollaran desde junio a noviembre, siendo necesario reparar el camino en forma permanente. Esta actividad es realizada por una moto niveladora con el apoyo de un camión tolva y una cuadrilla de operarios. Cabe señalar que el Proyecto contempla una frecuencia de alrededor de 13 viajes diarios por 25 días mes, en el primer año.

3. RESTRICCIONES AL PROCESO EXTRACTIVO Y CONSIDERACIONES AMBIENTALES DEL PROYECTO

Las principales normas ambientales y restricciones a la explotación minera consideradas en el Decreto de Autorización, las cuales fueron elaboradas por personal técnico de la Corporación Nacional Forestal, se pueden resumir en las siguientes:

3.1 En Relación al Sistema Lacustre

Dentro del Salar se pueden reconocer una diversidad de pequeñas lagunas, que constituyen un habitat propicio para la existencia permanente de tres especies de flamencos, las cuales conforman una población total que varía entre 5.000 y 7.000 individuos dependiendo de la época del año. Además el área adyacente a algunas lagunas representan lugares de reproducción y eventual establecimiento de colonias de nidificación, especialmente del flamenco Chileno.

En el contexto anterior el Decreto Supremo establece las siguientes normas principales de protección ambiental.

- La Empresa no podrá efectuar actividades de extractivas en una zona de exclusión que considere al cuerpo de agua y una franja de 700 m medidas desde la orilla.
- Con respecto a las colonias de reproducción, la zona de exclusión consistirá en una franja de 3.000 m en torno a ellas.
- Fuera del Monumento Natural se mantendrá la zona de exclusión de 200 m a contar de las orillas de las lagunas permanentes y someras.
- En las áreas de exclusión no podrá ingresar personal ajeno a la Corporación Nacional Forestal o al Servicio Agrícola y Ganadero en ninguna época del año.
- La demarcación en terreno de las zonas de exclusión en torno a las lagunas o colonias de nidificación dentro de los límites del Monumento Natural, será de responsabilidad y costa de la Empresa. La supervisión y control de las condiciones de esta demarcación será efectuada por personal de la Corporación Nacional Forestal, I Región.

3.2 En Relación al Período de Extracción

La precipitaciones que ocurren en la zona altiplánica durante el período estival, determina que la superficie del salar se vuelva muy blanda y las lagunas pueden extenderse hasta inundar gran parte del salar.

Por tal motivo, el Decreto establece restricciones en cuanto al período de extracción, definiéndolo entre el período comprendido desde el 01 de Junio al 30 de Octubre de cada año.

3.3 En Relación al Método de Extracción

La eliminación de parte de la capa superficial del salar, podría influir directamente en la dinámica de las napas freáticas.

En tal sentido el Decreto establece lo siguiente:

- La profundidad de extracción de mineral dentro de las áreas del Monumento Natural no podrá exceder los 30 cm.
- La profundidad de extracción de mineral en las pertenencias mineras ubicadas fuera del Monumento Natural, quedará determinada por la profundidad de las aguas freáticas y en ningún caso esta extracción deberá provocar desecamiento de lagunas permanentes y someras.
- La planificación y ejecución de la red de caminos secundarios para la extracción del material, conectados con el camino de circunvalación principal dentro del Monumento Natural, deberá guardar concordancia con las áreas de exclusión determinada y su demarcación, de manera que se resguarden todas y cada una de las normas de protección establecidas.

3.4 En Relación al Monitoreo Ambiental

El decreto establece en el Artículo Segundo, numerario 6, que "se deberá efectuar un reconocimiento periódico de los habitat ecológicos por parte de la Empresa con la supervisión de la Corporación Nacional Forestal, que permita establecer las variaciones estacionales de los sistemas naturales en relación con la caracterización basal, en especial para determinar las variaciones poblacionales de flamencos, que permita adoptar las medidas de protección adicionales, si es que ello fuera necesario".

4. ANTECEDENTES LEGALES Y DE MANEJO MONUMENTO NATURAL SALAR SURIRE

4.1 Decreto de Creación

La fuente legal de los Monumentos Naturales es el D.S. 531 de 1967 del Ministerio de RR.EE. el cual ordenó cumplir como Ley de la República la "Convención para la Protección de la Flora y Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de América"

suscrita en Washington en 1940. Esta Convención consagra, entre otras categorías, los Monumentos Naturales.

Como consecuencia de un proceso de reclasificación y redelimitación del Parque Nacional Lauca, se propuso dejar a éste con una superficie de 137.883 ha, de las 520.000 ha que poseía originalmente, ya que las características de los recursos naturales que contenían ciertas áreas determinaban su protección y manejo bajo otras categorías de manejo como son las de Reservas Nacional y Monumento Natural.

De ese modo, en parte del área desafectada del Parque, se crea mediante D.S. N° 29 del Ministerio de Agricultura de fecha 8 de Marzo de 1983, el Monumento Natural Salar de Surire y la Reserva Nacional Las Vicuñas, declarándolos a su vez zona de interés científico para efectos mineros.

El Salar de Surire posee una superficie aproximada de 15.858 ha, de las cuales 11.298 ha corresponden a la superficie declarada Monumento Natural, y 4.560 ha corresponden a áreas desafectadas del Parque Nacional Lauca y que actualmente constituyen superficies bajo ningún régimen de protección.

El Decreto de Creación del Monumento Natural Salar de Surire, establece que dicha unidad quedará bajo la tuición y administración de la Corporación Nacional Forestal.

4.2 Objetivos del Manejo de la Unidad

De acuerdo con los propósitos de creación del Monumento Natural Salar de Surire, por constituirse éste un lugar de alto interés ecológico y un excelente hábitat para especies de avifauna, la planificación, el manejo y el desarrollo de la Unidad se orienta a través de los siguientes objetivos:

a) Conservación de Comunidades Faunísticas:

El principal objetivo del Monumento será la conservación de las poblaciones de tres especies de flamencos, a saber Phoenicoparrus andinus, Phoenicoparrus jamesi, y Phoenicopterus chilensis, y de numerosas aves y mamíferos que cohabitan. Cabe señalar que sólo existen seis especies de flamencos en el mundo, y en el Salar de Surire coexisten tres de ellas.

b) Protección de los Ecosistemas Presentes en Estado Natural:

Especialmente áreas lagunares, las cuales por su alta salinidad y convergencia de factores ecológicos (radiación solar, temperatura, entre otros), presentan gran actividad microbiana

que constituye la base de alimentación de un biotopo faunístico.

Estos factores ecológicos permiten el desarrollo de colonias de nidificación de flamencos, constituyéndose el Salar de Surire en uno de los únicos lugares conocidos en donde se realizan los procesos reproducción en la I Región.

c) Protección de la Belleza Escénica:

Mediante la mantención de los valores paisajísticos naturales y el control de las intervenciones humanas que alteren significativamente la fisonomía general del Salar de Surire.

d) Posibilitar y Fomentar la Investigación Científica:

Hacia toda aquella compatible con la conservación y de utilidad para el manejo de la unidad, y en especial en relación a la ecología y biología de las especies de avifauna que habitan en el Monumento.

e) Educación Ambiental y Orientación a la Comunidad:

Dentro y fuera del Monumento Natural, para lograr la mejor apreciación y comprensión del medio ambiente, y sobre todo para formar conciencia sobre el valor e importancia de la conservación de los recursos naturales en tales ambientes.

f) Proporcionar Servicios y Oportunidades Recreativas:

Sólo hacia aquellos que no perturben el carácter natural, y en armonía con los valores específicos de la unidad.

5. EL PLAN DE CONTROL Y EVALUACION AMBIENTAL

5.1 Objetivos del Plan

Con base en el marco legal que sustenta la actividad minera en el Salar de Surire, y en la política técnica de la Corporación Nacional Forestal para este tipo de actividades en áreas silvestres protegidas por el estado de Chile, la formulación del presente Plan de Control y Evaluación Ambiental se basa en los siguientes tres objetivos fundamentales:

- a. Dar Cumplimiento a la Disposiciones del Decreto Supremo N° 12 del Ministerio de Minería de 1989

La Empresa minera QUIBORAX, tal como fue explicitado en el punto 1 del capítulo II, se encuentra legalmente autorizada para ejecutar labores mineras en el Salar de Surire, a través

del Decreto N° 12 del Ministerio de Minería de Febrero de 1989, decreto otorgado por la máxima autoridad de la nación en virtud de las disposiciones del Artículo 17 del Código de Minería.

El citado Decreto establece las condiciones a las cuales queda sujeta la autorización, y otorga a la Corporación la facultad para ejercer el control de la actividad en todo el Salar de Surire.

Por tal razón el Programa de Control y Evaluación Ambiental objeto del presente Capítulo, fue diseñado por la Corporación Nacional Forestal con el objeto de dar cumplimiento a las disposiciones del decreto de Autorización, y para operar bajo la forma de Convenio con la Empresa QUIBORAX dentro de un horizonte adecuado de tiempo.

- b. Generar las Bases Técnicas para la Eficiente Aplicación del Plan de Control y Evaluación Ambiental de la Actividad Minera en el Salar de Surire

Un plan objetivo de control de las actividades mineras como la del Salar de Surire, requiere plantearse sobre la base de un amplio conocimiento técnico del medio ambiente objeto de intervención.

Para el logro de tal objetivo, se establece la planificación de todas las acciones técnicas necesarias de abordar bajo una línea funcional denominada "Evaluación Ambiental".

La Evaluación Ambiental generará una caracterización detallada de los recursos ambientales del Salar de Surire y los modelos más eficientes y adecuados para la evaluación del impacto ambiental que puedan provocar las acciones mineras.

La base técnica y las proposiciones que se establezcan sobre la base de las evaluaciones de impacto ambiental, deben ser adecuadamente informadas para la adopción de buenas decisiones, por lo que es también objeto fundamental del Plan el diseñar y establecer sistemas y técnicas eficientes de información al público y autoridad en general.

- c. Proponer Normas y Medidas de Mitigación de Impactos Ambientales Significativos

La autorización de la actividad minera en el Salar de Surire, se basó en una evaluación de los impactos ambientales potenciales de dicha actividad, es decir en una estimación simulada de los impactos que podría producirse, debido a que previo a la autorización no se había ejecutado actividad minera permanente y sistemática.

Por tal razón, las normas y disposiciones del Decreto de Autorización pueden ser susceptibles de perfeccionarse, para constituir un conjunto mejor concebido en base a la evaluación de impactos reales a que se tiene oportunidad a través del presente Plan con actividad minera en ejecución. El decreto de Autorización en su Artículo 2°, numeral 6, estipula la adopción de medidas adicionales si fuera necesario frente a variaciones relacionadas con la caracterización basal, de las especies claves del Salar: Los flamencos.

El perfeccionamiento de las normas y disposiciones relacionadas con la actividad minera, o medidas adicionales si fuera necesario, significa entonces la adopción de un conjunto de acciones de mitigación o de atenuación de impactos ambientales que resultarán de la evaluación de los mismos en la aplicación del presente Plan, así como también del diseño de normas que en definitiva permitan garantizar de mejor manera la preservación de los recursos naturales del Salar de Surire.

5.2 Líneas Funcionales y Programas del Plan

Para el cumplimiento de los objetivos contemplados para el Plan, y que fueran enunciados en el punto anterior, el Plan de Control y Evaluación Ambiental para el Proyecto de Explotación de Borax del Salar de Surire, cuyo esquema general se muestra en la Figura N° 1, ha sido concebido para ser ejecutado en relación a tres líneas funcionales y siete programas de acción.

Las tres líneas funcionales del Plan, a través de sus programas de acción, poseen las siguientes finalidades específicas:

- **CONTROL AMBIENTAL LEGAL:** destinada a estructurar y planificar un conjunto de acciones administrativas y de campo para generar el control legal necesario que asegure el cumplimiento de las medidas y normas que impone el Decreto de autorización.

Esta línea posee dos programas de acción: Control Legal de Campo, encargado de organizar y ejecutar todos los controles necesarios de ejercer en el terreno mismo; y Control Administrativo, encargado de asegurar el cumplimiento de plazos, metas y procedimientos de índole administrativo.

- **EVALUACION AMBIENTAL:** destinada a estructurar y planificar el conjunto de acciones de evaluación relacionada con los recursos naturales del Salar de Surire, para generar así la información técnica necesaria que se traduzca en una eficiente línea de base ambiental, monitoreo ambiental, y evaluación del impacto ambiental, con el consecuente

diseño y proposición de medidas de mitigación de impactos significativos.

Por tales razones, la línea de evaluación ambiental integra tres programas de acción: Estudio de Línea de Base, Evaluación del Impacto Ambiental, y Monitoreo Ambiental. El primero de ellos constituye una etapa superada, y que es expuesta en detalle en el Tomo 2 de este Plan.

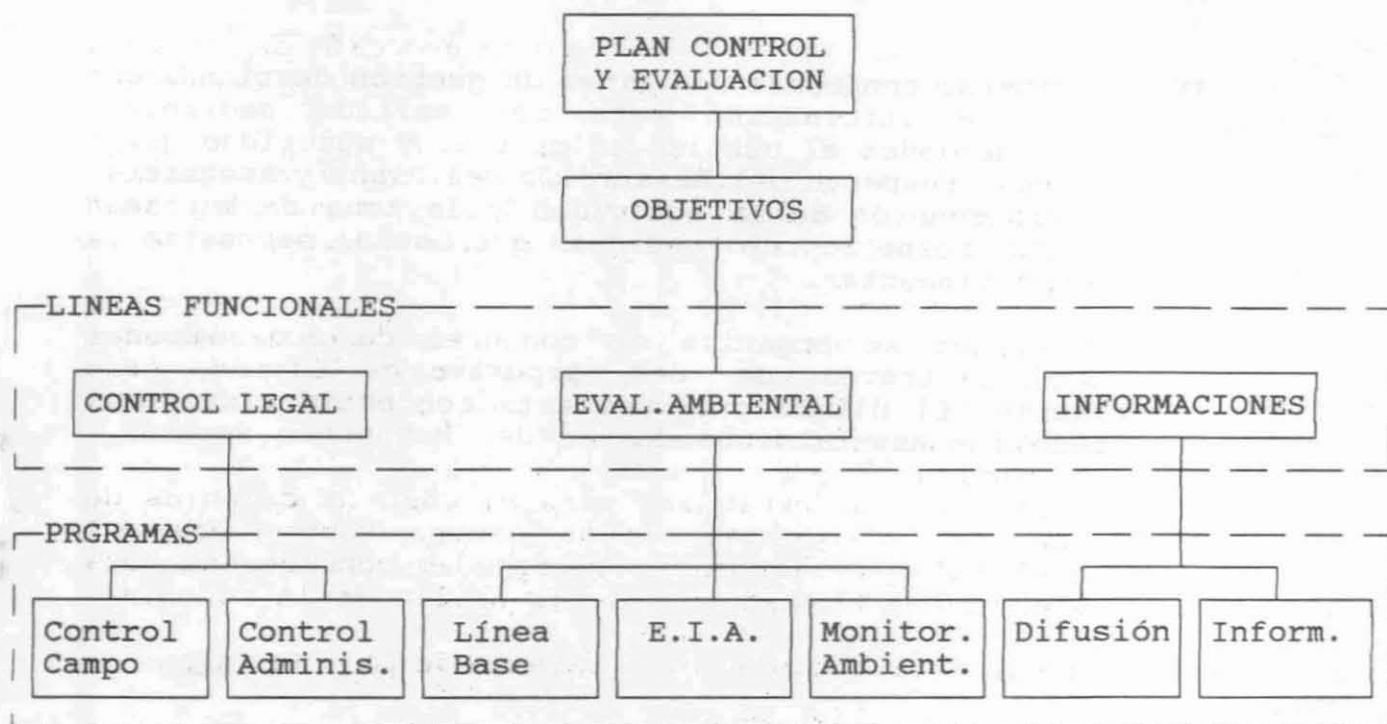
- **INFORMACIONES:** comprende una línea de gestión destinada a organizar la información para ser emitida mediante técnicas adecuadas al público en general y autoridad que corresponda, respecto del desarrollo del Plan, y asegurar así la comprensión de la actividad y la toma de buenas decisiones respecto de medidas que sean necesarias proponer implementar.

En esta línea se organiza el conjunto de acciones a ejecutar a través de dos programas: Difusión e Información. El último programa está concebido para ser ejecutado fundamentalmente dentro del Monumento Natural Salar de Surire.



Figura N°1

Esquema General del Plan de Control y Evaluación



5.2.1 Control Legal

a) Programa Control de Campo

Objetivos

- Asegurar en el área de explotación, el cumplimiento de las normas y disposiciones contenidas en el Artículo 2° del Decreto Supremo N° 12 del Ministerio de Minería de 1989 (Anexo N° 1), a través del cual se autorizó la explotación minera en el Salar de Surire a la Empresa Minera QUIBORAX.
- Ejecutar un conjunto de actividades de terreno, para ejercer el control efectivo de las disposiciones y normas del Artículo 2° del Decreto Supremo N° 12, utilizando y planificadas de acuerdo a la capacidad instalada y de acción de la Corporación Nacional Forestal en el Salar de Surire.

Actividades

- Control de Establecimiento de Zonas de Exclusión y Colonias de Reproducción

Con base en el Artículo 2° del D.S. N° 12, específicamente en sus numerarios 1, 2, 3, 4 y 8, se deben ejercer las siguientes actividades de control directo en terreno en relación al establecimiento de zonas de exclusión:

Supervisión del levantamiento topográfico o demarcación de la línea de exclusión para lagunas y/o colonias de reproducción cuando corresponda.

Controlar que las zonas de exclusión para el caso de lagunas existentes dentro del Monumento Natural Salar de Surire, sean fijadas considerando una distancia de 700 metros medidos desde la orilla del cuerpo de agua.

Controlar que las zonas de exclusión para el caso de lagunas existentes fuera del Monumento Natural Salar de Surire, sean fijadas considerando una distancia de 200 metros medidos desde la orilla del cuerpo de agua permanente.

Controlar que las zonas de exclusión para el caso de colonias de reproducción que se establezcan, tanto dentro como fuera del Monumento Natural Salar de Surire, sean fijadas considerando una distancia de 3.000 metros medidos desde la orilla de la colonia.

Levantar Acta de la actividad de levantamiento de la o las zonas de exclusión.

- Control del Período de Actividad Minera

Con base en el Artículo 2° del D.S. N° 12, específicamente en su numerario 5, se deben ejercer las siguientes actividades de control directo en terreno en relación al período de actividad minera:

Controlar que las actividades extractivas se desarrollen sólo entre las siguientes fechas en las áreas permitidas: 01 de Junio a 30 de Octubre, ambas fechas inclusive.

Levantar Acta de las fechas efectivas de inicio y término de la actividad extractiva.

- Control de Ejecución Red Caminera:

Con base en el Artículo 2° del D.S. N° 12, específicamente en su numerario 9, se deben ejercer las siguientes actividades de control directo en terreno en relación a la planificación y ejecución de la red de caminos secundarios:

Controlar que la red de caminos secundarios a establecer por la Empresa QUIBORAX dentro del Salar, sea concebida y utilizada exclusivamente para la extracción de mineral.

Controlar que la red de caminos secundarios sea ejecutada fuera de las áreas de exclusión.

Asegurar que el material utilizado para ejecutar la red de caminos secundarios provenga exclusivamente del Salar, y no sea material alóctono.

Asegurar que al término de la explotación del año, sea repuesta en la forma más original posible la microtopografía del sector, eliminando completamente la red de caminos secundarios utilizada.

- Control de Profundidad de Extracción de Mineral:

Con base en el Artículo 2° del D.S. N° 12, específicamente en su numerario 5 y 10, se deben ejercer las siguientes actividades de control directo en terreno en relación a la formas de extracción del mineral:

Controlar periódicamente, cuando corresponda, que la profundidad de extracción de mineral no exceda los 30 cms de profundidad en las áreas permitidas dentro del Monumento Natural Salar de Surire.

Mantener un control periódico de la profundidad de extracción de mineral en las pertenencias ubicadas fuera del Monumento Natural Salar de Surire, con el objeto de asegurar que esa profundidad no sea causa de desecamiento de lagunas permanentes y someras.

Llevar un control de la profundidad del freático en las pertenencias localizadas fuera del Monumento y objeto de explotación, a fin de determinar la profundidad adecuada de extracción.

Supervisar y controlar que una vez finalizada la extracción del año, la Empresa QUIBORAX restituya en su forma más original posible la microtopografía de la zona explotada.

- Patrullajes Periódicos:

El patrullaje periódico en el área del Salar de Surire, constituye una actividad operativa normal de la Administración del Monumento Natural Salar de Surire. Aprovechando esta capacidad de acción, se posibilita las siguientes actividades de control:

Control permanente de ingreso a las zonas de exclusión, con el objeto de asegurar que no se efectúen ingresos de personal ajeno a la Corporación Nacional Forestal o del Servicio Agrícola y Ganadero en ninguna época del año, de acuerdo a las disposiciones del Artículo 2°, numerario 1, del D.S. N° 12.

Control permanente de todas las áreas del Salar, con el objeto de asegurar el conocimiento oportuno de cualquier nuevo sitio de reproducción que se establezca, así como también de cualquier cambio significativo en el espejo de agua de las lagunas existentes en el Salar.

Control de cualquier otra actividad que esté al margen de las disposiciones o normas del D.S. N° 12, y de las normas del manejo del Monumento Natural Salar de Surire.

b) Programa Control Administrativo

Objetivos

- Asegurar el cumplimiento de plazos, metas y procedimientos de índole administrativo, señalados en el Convenio y Normativo Específico establecido entre la Empresa Minera y la Corporación Nacional Forestal.
- Operar un sistema administrativo - contable de las actividades vinculadas a los programas de trabajos anuales, contemplados en el Plan de Control y Evaluación Ambiental del Proyecto Minero.

Actividades

- Formalizar cada año la documentación de inicio y operación de las actividades del Convenio, Normativo Específico y Programa de Trabajo Anual.
- Preparar los detalles de procedimientos técnicos y administrativos para la operación del Plan.
- Mantener un sistema de comunicación formal con las unidades de terreno, así como de emisión y recepción de documentación oficial entre todas las instancias relacionadas con el Convenio Quiborax-Conaf.
- Ejecutar el manejo financiero del presupuesto anual disponible para la operación del Plan, en el marco de los procedimientos vigentes en la Corporación.
- Operar un sistema de información contable en forma permanente y oportuna desde la Corporación hacia la Empresa Quiborax.

5.2.2. Evaluación Ambiental

a) Programa Línea Base Ecológica

Objetivos

- Caracterización de los recursos físicos y biológicos asociados al ecosistema Salar de Surire.
- Definir el estado actual y la condición de vulnerabilidad de los principales recursos naturales existentes en el Salar de Surire, enfatizando en las especies de flora y fauna silvestre.
- Definir áreas críticas desde el punto de vista de su fragilidad y susceptibilidad a la alteración antrópica.
- Diseñar y validar métodos de estudio y evaluación de variables físicas y bióticas relacionadas con el Salar de Surire.

Actividades

- Reconocimiento Básico e Implementación de Métodos

Recopilación bibliográfica y fichaje de antecedentes relacionados con variables físicas y bióticas del Salar de Surire.

Recabación de antecedentes estadísticos de variables físicas y bióticas del Salar de Surire, con el fin de implementar sistemas de bases de datos, así como para la identificación y priorización de necesidades de investigación.

Diseño e implementación de métodos de estudio de las variables físicas y bióticas del Salar de Surire.

- Estudio de la Situación Presente

Consiste en el reconocimiento de terreno y desarrollo de estudios e investigaciones que permitan la caracterización basal y dinámica actual del sistema ecológico del salar.

Para el desarrollo de esta actividad se consideran las siguientes líneas de estudios:

Caracterización del Sistema Hidrológico del Salar:

Esta línea se desarrolla a través del análisis de registros meteorológicos, mediciones de las fluctuaciones de los niveles freáticos, y caracterización morfométrica de las lagunas.

Caracterización Físico-química y Biológica de las Lagunas:

Se desarrolla mediante la aplicación de un programa de muestreo periódico, que permite el análisis físico-químico de las aguas y la determinación de presencia y abundancia de poblaciones de microinvertebrados y micro flora.

Evaluación Poblacional de las Principales Especies de Fauna Silvestre Terrestre:

Esta línea consiste en la evaluación cuantitativa de los tamaños poblacionales y de la dinámica poblacional, principalmente de las especies terrestres que habitan la cuenca del Salar de Surire: Vicugna vicugna "Vicuña" y Pterocnemia pennata "Suri".

Evaluación de las Poblaciones de Avifauna que Habitan en los Sistemas Lacustres:

Esta línea consiste fundamentalmente en la evaluación cuantitativa de los tamaños poblacionales de las tres especies de flamencos presentes en el Salar de Surire: Phoenicoparrus andinus, Phoenicoparrus jamesi, Phoenicoptrus chilensis.

Caracterización de la Dinámica de las Poblaciones de las tres Especies de Flamencos:

La caracterización de la dinámica poblacional de las tres especies de flamencos presentes en el Salar de Surire, se apoya fundamentalmente en la serie estadística de registros censales que posee la Corporación Nacional Forestal desde el año 1985.

Determinación de los Ciclos Reproductivos de las Principales Especies de Fauna Silvestre:

Esta línea enfatiza en las especies claves del Salar de Surire, tales como flamencos, caití, vicuña, suri.

Definición y Caracterización de Asociaciones Vegetales:

La definición de las comunidades vegetales de la cuenca del Salar de Surire, se basa en determinaciones ya efectuadas de unidades de fisonomía y composición florística que se corresponden con condiciones ecológicas homogéneas.

Análisis Preliminar de las Interrelaciones y Dinámica de los Recursos Naturales:

Con base en esta línea se pretende tener una imagen ecosistémica del Salar, como base fundamental para la comprensión de los procesos naturales y por ende de las eventuales alteraciones al sistema producto de factores antrópicos.

Evaluación del Estado de Conservación de la Fauna y Flora Silvestre:

El estado de conservación de las especies es clave para la definición del valor inicial de los recursos, antecedente básico en las evaluaciones de impacto ambiental. Este estado se determina tanto a nivel local como en relación al país de acuerdo a criterios existentes.

b) Programa Evaluación de Impacto Ambiental

Objetivos

- Generar la información técnica necesaria para la ejecución de un sistema objetivo de control y evaluación de impactos de las operaciones mineras en el Salar de Surire, así como para la adopción de medidas de protección adicionales si fuera necesario.
- Implementar un modelo de impacto ambiental adecuado a la realidad del medio y del tipo de acción que se trata, y que permita tanto la identificación como la evaluación objetiva de los efectos de cada acción del proyecto minero sobre cada recurso ambiental del Salar de Surire.
- Diseñar y proponer medidas de mitigación de impactos ambientales significativos, tendientes a atenuar o corregir los impactos que se generan por las obras y acciones del proyecto minero.

Actividades

- Definición e Implementación del Método

Definir un método de aplicación específica para evaluar impactos de actuaciones concretas y de forma integral, enfatizando en la adopción de métodos matriciales que exigen una eficiente identificación de la interacción causa-efecto, aspecto de vital importancia para el tratamiento del Salar de Surire como ecosistema natural intervenido.

Definición y validación de métodos específicos para evaluar la magnitud del cambio de valor de los recursos o componentes del medio, desde el estado preoperacional al estado post intervenido por la acción minera.

- Identificación de las Acciones

Establecer la identificación de las acciones u obras del proyecto minero que intervienen significativamente en el ambiente.

Caracterizar detalladamente cada acción u obra identificada en términos de magnitud y tiempo de duración. En este particular son válidos los antecedentes expuestos detalladamente en Capítulo I anterior.

- Definición de Indicadores de Impacto

Definir como indicadores de impacto aquellos componentes o aspectos del medio real o potencialmente afectado por la acción del proyecto minero, que sean capaces de demostrar y expresar de forma cualitativa o cuantitativa el valor o la magnitud de los efectos.

Imponer a cada indicador de impacto los siguientes requisitos para asegurar su utilidad en la evaluación del impacto ambiental: Representatividad, Relevancia, Exclusividad, y característica de fácil identificación y cuantificación.

- Evaluación de Impactos

Evaluar mediante métodos específicos la cuantía del cambio de valor de los recursos o aspectos del medio que resulten afectados por alguna acción u obra del proyecto minero. En este particular son válidos los métodos explicados en detalle en los Anexos del Tomo II de Estudio de Línea Base del Salar de Surire.

Estimar la magnitud del impacto sobre cada recurso o aspecto del medio por cada acción del Proyecto, mediante índices de alteración objetivos y estandarizados.

Evaluar la importancia del impacto, mediante escalas de ponderación estandarizadas que evidencien la intensidad del impacto.

Adoptar criterios de valoración de los impactos. En este particular deben contemplarse a lo menos los siguientes criterios: Carácter del impacto, tipo de acción, reversibilidad, extensión, certidumbre y duración, además de los criterios de magnitud e importancia.

Establecer una síntesis analítica de la evaluación de los impactos ambientales, abordando las técnicas, procedimientos y criterios empleados para la determinación del valor de los impactos.

- Definición de Niveles de Impacto

finir conceptualmente niveles de impacto para catalogar los mismos, y facilitar de esa forma la toma de decisiones respecto de materias propias del desarrollo del proyecto minero en relación al medio ambiente.

Establecer tablas de relación entre valores de magnitud y los criterios de evaluación con los niveles de impacto, con el fin de objetivizar la catalogación de los impactos.