

Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la Vegetación

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción.....	2
2. Metodologías de caracterización de la línea base	2
3. Criterios y metodologías de evaluación de impactos	14
4. Criterios y técnicas de mitigación, restauración y compensación	17
5. Criterios para la definición del monitoreo	23
6. Estudio de caso	27
7. Referencias	37

Autor

Jaime Hernández P.¹

Colaboradores

María Teresa Serra¹

Luís Faúndez Yancas²

- Noviembre del 2000 -

¹ Académicos de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile

² Académico de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

FLORA Y VEGETACIÓN

1. Introducción

Previo a la revisión de las metodologías y criterios involucrados en la evaluación y monitoreo de la Flora y la Vegetación es necesario definir algunos conceptos básicos:

1.1. Flora y vegetación

En primer lugar, es necesario establecer la diferencia conceptual entre Flora y Vegetación. La vegetación se refiere a los aspectos cuantitativos de la arquitectura vegetal, es decir su distribución horizontal y vertical sobre la superficie, mientras que la flora corresponde a la definición cualitativa de esta arquitectura, referido a las especies componentes de ella..

El objeto del estudio de la flora son las especies vegetales. La flora es el conjunto de especies presentes en un lugar o área dada. El objeto del estudio de la vegetación son las comunidades vegetales, su estructura y composición florística. Si el concepto de flora esta bien definido, el concepto de comunidad vegetal también lo está por la estructura o modo en que las especies ocupan en el espacio disponible, así como por el aspecto o carácter propio que presenta el conjunto como componente de un paisaje (leñosas arborescentes, arbustivas, espinosas, caducifolias, siempreverdes, suculentas, caméfitas, herbáceas anuales, geófitas, etc.).

1.2. Comunidad vegetal

El concepto de comunidad vegetal se entenderá como un conjunto de plantas de una o más especies vegetales que coexisten en una cierta área. Cuando la comunidad en cuestión tiene especies dominantes características que pueden ser usadas para diferenciarla de otras comunidades vegetales, se puede utilizar el concepto de comunidad-tipo, que es sinónimo de asociación vegetal. Por supuesto, es necesario distinguir entre comunidades naturales y alteradas.

1.3. Formación vegetal

De acuerdo a la definición adoptada por Gajardo (1994), Formación Vegetal corresponde a una agrupación de una o más comunidades vegetales que pueden ser delimitadas en la naturaleza en función de las formas de vida dominantes y del modo en que éstas ocupan el espacio.

2. Metodologías de caracterización de la línea base

Una línea de base pretende establecer las características de un componente ambiental dado, y la necesidad de efectuarla está determinada por la eventualidad de alteraciones potenciales producto del desarrollo de una nueva actividad en el ámbito de este componente. Así, la línea de base es independiente del tipo de proyecto que se pretende realizar, siendo el área de influencia directa y el grado de detalle del estudio, condiciones relacionadas a las actividades propias del proyecto potencial. Una línea base de los sistemas vegetacionales debe considerar el estudio de sus características principales: la vegetación y la flora. Las evaluaciones respecto a la vegetación deben considerar:

- ✓ **Tipología (especies dominantes)**
- ✓ **Fisionomía o forma de vida (formación vegetal)**
- ✓ **Grado de alteración (artificialización)**
- ✓ **Distribución espacial en el área de influencia (cartografía)**

Respecto a la distribución espacial, ésta sólo es posible de caracterizar mediante una cartografía³, cuyas características estarán en función de cada proyecto específico (ver proposición metodológica cartográfica). Las otras características pueden evaluarse mediante diferentes técnicas, absolutas o relativas, con sus ventajas e inconvenientes respectivos (más o menos tiempo, mayor o menor costo, imprecisión general v/s puntual). Dentro de las técnicas absolutas, las más empleadas corresponden a las parcelas alométricas, en las cuales se registran incluso las coordenadas de ubicación de cada individuo y se determinan características arquitecturales (altura, diámetros mayor y menor); los enfoques relativos pueden emplear técnicas usando parcelas o de tipo cartográficas (evaluando, en ambos casos, porcentualmente cada uno de los parámetros).

La flora se puede registrar en un inventario exhaustivo de todas las entidades taxonómicas presentes tanto en el área de influencia directa como en la de influencia indirecta, caracterizándose, a lo menos, para cada una de ellas los siguientes aspectos:

- ✓ **Listado completo de especies presentes (*)**
- ✓ **Abundancia absoluta o relativa en el área**
- ✓ **Origen geográfico (autóctona o alóctona)**
- ✓ **Estado de conservación de las autóctonas**

* : Según Marticorena, e identificados y colectados por un profesional capacitado e imparcial.

2.1. Cartografía y descripción de la vegetación (C.O.T.)⁴

El estudio de la vegetación del área de interés, se puede realizar mediante una metodología cartográfica fitofisionómica, que para el caso de Chile puede corresponder a aquella desarrollada por el CEPE/CNRS⁵ de Montpellier, Francia, y adaptada a las condiciones del país por Etienne y Contreras, 1981, la cual es descrita en detalle por Etienne y Prado (1982). En general, nos referiremos a esta metodología usando la sigla C.O.T. (Cartografía de Ocupación de Tierras).

A continuación se detallan los pasos metodológicos para llevar a cabo la C.O.T., incluyendo los aspectos operativos de un proyecto estándar. La siguiente figura muestra el resumen de las etapas involucradas:

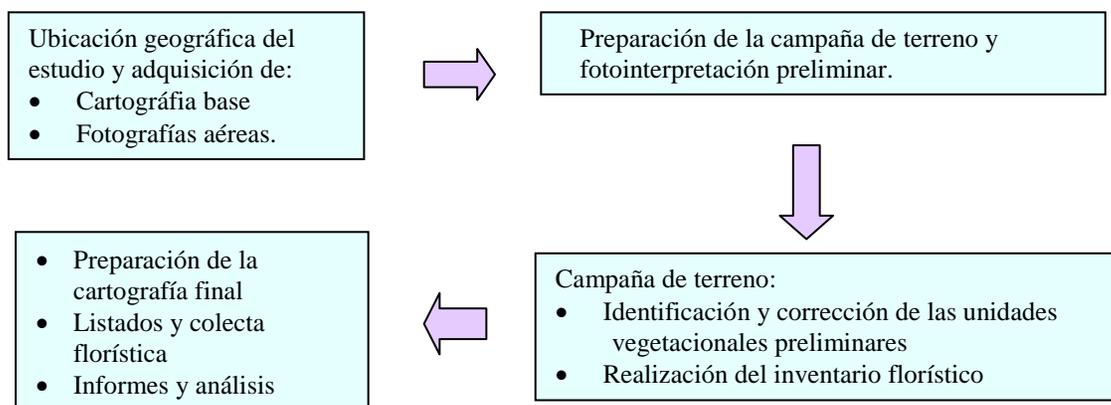


Figura 1: Resumen de las etapas involucradas en la cartografía y descripción de la vegetación.

³ Mapa o carta, digital o analógica, a escala definida y georreferenciada.

⁴ La C.O.T. es una metodología probada y ampliamente aceptada en Chile.

⁵ Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques Louis Emberger/Centre National de la Recherche Scientifique.

2.1.1. Recopilación de antecedentes y materiales de trabajo

Es necesario recopilar todos los antecedentes previos para el área de estudio, incluyendo estudios previos relacionados con la flora y vegetación, la cartografía y fotografías aéreas disponibles.

- Estudios previos: en muchas zonas del país existen estudios de línea base, y estudios otros especializados, para los cuales podría existir una evaluación de la flora y la vegetación. En este caso habría que analizar la información, los métodos con que se obtuvo y la forma de usarla en el proyecto actual.
- Cartografía base: La representación final de la vegetación es una mapa a escala dibujado sobre una base cartográfica confiable y estándar. Como regla general deberían usarse como base las cartas preparadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM).
- Fotografías aéreas: Es necesario contar con material fotográfico reciente que permita identificar y delimitar espacialmente a las unidades vegetacionales que serán evaluadas y traspasadas a la base cartográfica. Las fotografías necesarias pueden ser adquiridas en el SAF (Servicio Aereofotogramétrico) en donde se disponen de fotogramas provenientes de distintos proyectos y a distintas escalas (ejem.: 1:5.000, 1:20.000, 1:30.000, 1:60.000, etc.). En algunos casos será necesario realizar vuelos especiales en función de las necesidades del proyecto y de la disponibilidad de fotogramas en las escalas y fechas requeridas.

2.1.2. Fotointerpretación preliminar de la vegetación

Utilizando el material fotográfico y cartográfico se realiza una fotointerpretación preliminar de la superficie comprendida por la Proyecto⁶. Los principales criterios de fotointerpretación para una fotografía normal son: textura, tono, forma, estructura, tamaño y patrón espacial. Todos los cuales se evalúan integradamente por el fotointerprete especialista para llegar a establecer la sectorización preliminar.

La escala a utilizar, es decir la escala del mapa final, debe ser establecida en función de las características de cada proyecto. Para ello, es de utilidad el concepto de superficie mínima cartografiable (SMC) que establece la mínima unidad superficial en terreno que será representada explícitamente en la cartografía final. Si se desea que en el mapa final pueda distinguirse una planta de otra, la SCM deberá ser un valor alrededor de 1,0 m². Si se desea un nivel de percepción mínimo de una hectárea, la SCM será de 10.000 m². La relación entre la SMC, la escala del mapa y la superficie total abarcada por él, se presenta en la tabla 1.

Tabla 1: Relación entre la SMC, la escala y superficie total abarcada por el mapa (modificado de Etienne y Contreras, 1980).

Escala del mapa		SMC	Superficie total abarcada por un mapa de 52 x 52 cm.
Muy grandes	1 : 100	1 m ²	2.780 m ²
	1 : 2.000	400 m ²	111,2 ha
Grandes	1 : 5.000	2.500 m ²	695 ha
	1 : 25.000	6,25 ha	17.375 ha
Medianas	1 : 50.000	25 ha	695 km ²
	1 : 250.000	625 ha	17.375 km ²
Pequeñas	1 : 500.000	2.500 ha	69.500 km ²
	1 : 1.000.000	10.000 ha	278.000 km ²
Muy pequeñas	1 : 5.000.000	2.500 km ²	6.950.000 km ²
	1 : 100.000.000	1.000.000 km ²	278.000.000 km ²

⁶ El área a considerar está definida por las áreas de influencia directa más el área de influencia indirecta. De todas formas, se deberían incluir unidades cartográficas (formaciones vegetales) completas sin importar que las áreas directas o indirectas sólo abarquen una porción de ellas.

2.1.3. Recopilación de la información en terreno

En terreno se procede a levantar la información para cada unidad cartográfica previamente fotointerpretada. Se corrigen posibles errores de la interpretación inicial, en las unidades preliminares uniéndose unidades que tienen la misma asociación vegetal y separando aquellas que son diferentes.

Se debe recopilar la información correspondiente a la descripción de las unidades vegetacionales (cartografía) y, en forma complementaria, la información florística (inventario florístico). Es necesario llevar a cabo una colecta exhaustiva conservando el material en buena forma para su posterior herborización y determinación en laboratorio por especialistas. La cartografía y descripción de la vegetación sirven de base en el diseño del inventario florístico y permiten determinar el número de muestras y su distribución espacial. Este aspecto será abordado con mayor detalle en el punto 2.3.

2.1.4. Levantamiento de la información para la construcción de la C.O.T. (Cartografía de Ocupación de Tierras).

A continuación se describe metodológicamente la C.O.T. desarrollada por el CEPE/CNRS (Montpellier, Francia), descrita en detalle por Etienne y Prado (1982). Este método considera a la vegetación como el factor integrador de las variaciones naturales del medio, como asimismo, de las modificaciones debidas a la acción del hombre; pretende a través de la cartografía, lograr una imagen o representación fiel de la vegetación actual a un nivel de percepción dado, dependiente directamente de la escala de trabajo. Esta descripción de la vegetación se obtiene mediante la evaluación de tres variables principales:

Formación Vegetal (F.V.) Especies Dominantes (E.D.) Grado de Artificialización (G.A.)

Las tres variables se definen para todas de las unidades cartográficas identificadas y es necesario explicitar la superficie que cada una de ellas tiene.

✓ Formación vegetal (F.V.)

La formación vegetal corresponde a aquel conjunto de plantas, pertenecientes o no a la misma especie, que presentan caracteres convergentes tanto en su forma como en su comportamiento, constituyéndose en un enfoque eminentemente fisionómico, el cual basado en los conceptos de estratificación y cobertura, permite obtener una adecuada representación de la disposición vertical y horizontal de la vegetación *in situ*. De esta forma la F.V. quedará bien definida en base a la descripción de los tipos biológicos, su estratificación vertical y su cobertura. De acuerdo a esto, se puede clasificar la vegetación en cuatro tipos biológicos fundamentales:

TIPOS BIOLÓGICOS

- **Herbáceos (H)** : son aquellas especies cuyos tejidos no están lignificados (no son leñosos), con tallos ricos en clorofila y fotosintéticos (hierbas).
- **Leñosos bajos (LB)** : son aquellas especies de tejidos lignificados o leñosos cuyo tamaño no pasa los dos metros de altura. (Arbustos)
- **Leñosos altos (LA)** : son aquellas especies de tejidos lignificados o leñosos cuyo tamaño excede los dos metros de altura. (Árboles)
- **Suculentos (S)** : bajo esta denominación se agrupan principalmente las Cactáceas y Bromeliáceas, especies que presentan una fisiología muy particular, sobre todo respecto a la fijación del anhídrido carbónico. (Cactus o Quiscos y Chaguales o Puyas).

Las formaciones vegetales pueden ser simples o complejas de acuerdo a la dominancia de uno o más tipos biológicos respectivamente. El criterio de dominancia está dado por un umbral de densidad o cobertura, cuyo valor varía según la región ecológica considerada: 1% en zonas desérticas, 10 % en zonas áridas, 25 % en zonas semiáridas, húmedas y templadas.

El concepto de estratificación se refiere a la disposición vertical de la vegetación, es decir, constituye un perfil o corte vertical en la comunidad, permitiendo distinguir y clasificar los diversos niveles de altura en los cuales se sitúan los tipos biológicos (Tabla 2). Con respecto a la representación en la C.O.T., la estratificación está dada por los tipos biológicos presentes en la comunidad.

La cobertura o cubrimiento representa la proporción del terreno que es ocupada por la vegetación o por su proyección vertical. Este criterio proporciona información de la abundancia de los diferentes tipos biológicos y se expresa en porcentaje global o por estratos. El índice que define la cobertura se escribe siguiendo al del tipo biológico, como por ejemplo LA 4, lo que significará que se tiene una estrata arbórea de 4 a 8 m con una cobertura de 25 a 50 %. Se procede igual para todas las estratas presentes en la unidad cartográfica.

Para los efectos de este tipo de enfoque (C.O.T.) se representara la formación vegetal en forma global para la comunidad, salvo el caso del tipo biológico suculento cuya cobertura se presenta en forma particular en las comunidades en que está presente. Los índices y códigos que se emplearían en el presente trabajo así como las coberturas y densidades respectivas se presentan en la tabla 3.

Tabla 2: Categorías de estratificación y su codificación para los diferentes tipos biológicos.

TIPO ARBOREO – LEÑOSO ALTO			TIPO SUCULENTO (Cactus)		
Altura (m)	Símbolo	Ejemplo	Altura (cm)	Símbolo	Ejemplo
2 – 4	LA	<i>Nothofagus antarctica</i> Ñirre	0 – 25	S	<i>Maihuenia poepigii</i> Maihuén
4 – 8	<u>LA</u>	<i>Gevuina avellana</i> Avellano	25 – 50	S	<i>Puya coerulea</i> Cardoncillo
8 – 16	<u>LA</u>	<i>Nothofagus dombeyi</i> Coigüe	50 – 100	<u>S</u>	<i>Puya berteroniana</i> Chagual
16 – 32	<u>LA</u>	<i>Nothofagus obliqua</i> Roble	100 - 200	<u>S</u>	<i>Eulychnia acida</i> Quisco
32 +	<u>LA</u>	<i>Araucaria araucana</i> Araucaria	200 +	<u>S</u>	<i>Trichocereus chilensis</i> Copao

TIPO ARBUSTIVO – LEÑOSO BAJO			TIPO HERBÁCEO		
Altura (cm)	Símbolo	Ejemplo	Altura (cm)	Símbolo	Ejemplo
0 – 25	LB	<i>Haplopappus arbutoides</i> Cuerno	0 – 25	H	<i>Danthonia chilensis</i> Coironcillo
25 – 50	<u>LB</u>	<i>Berberis empetrifolia</i> Michay	25 – 50	<u>H</u>	<i>Festuca acanthophylla</i> Coirón
50 – 100	<u>LB</u>	<i>Fabiana imbricata</i> Pichi	50 – 100	<u>H</u>	<i>Cortaderia rudiusscula</i> Cola de zorro
100 – 200	<u>LB</u>	<i>Schinus polygamus</i> Huingán	100 - 200	<u>H</u>	<i>Chusquea quila</i> Quila

Tabla 3: Categorías de cubrimiento y su codificación.

CUBRIMIENTO (%)	DENSIDAD	CÓDIGO	ÍNDICE
1 - 5	Muy escasa	me	1
5 - 10	Escasa	e	2
10 - 25	Muy clara	mc	3
25 - 50	Clara	c	4
50 - 75	Poco densa	pd	5
75 - 90	Densa	d	6
90 - 100	Muy densa	md	7

✓ **Especies Dominantes (E.D.)**

Las especies dominantes corresponden a aquellas plantas cuyas características morfológicas marcan fisionómicamente la vegetación, determinándose en base a los tipos biológicos de mayor representatividad en cada formación vegetal. En general, estas especies deben presentar un recubrimiento combinado por lo menos igual al porcentaje mínimo escogido para la zona ecológica considerada (1% en zonas desérticas, 10 % en zonas áridas, 25 % en zonas semiáridas, húmedas y templadas). Existe una nomenclatura para la codificación del nombre de las especies, que se explica en la tabla 4.

Tabla 4: Nomenclatura para la codificación del nombre de las especies.

Código	Tipo biológico	Código		Ejemplo	
		Género	Especie	Especie	Código
H	Herbáceo	Minúscula	Minúscula	<i>Chusquea quila</i>	cq
LB	Leñoso bajo	Mayúscula	Minúscula	<i>Schinus polygamus</i>	Sp
LA	Leñoso alto	Mayúscula	Mayúscula	<i>Nothofagus obliqua</i>	NO
S	Suculento	Minúscula	Mayúscula	<i>Puya berteroniana</i>	pB

✓ **Grado de Artificialización (G.A.)**

Grado de intervención y transformación del medio por acción antrópica. Desde el punto de vista de la vegetación, indicará la intensidad y tipo de manejo al cual fue sometido el ecosistema. Su definición se realiza en base a la comparación con categorías previamente establecidas. En la tabla 5 se presenta un resumen de las categorías contempladas en la C.O.T. (para mayor nivel de detalle ver Etienne y Prado, 1982).

Tabla 5: Grados de artificialización (resumen).

Grado de artificialización	Nº de subcategorías (ver Etienne y Prado, 1982)
1. Vegetación clímax	-
2. Vegetación peneclímax (muy poco alterada)	2
3. Terrenos de pastoreo / Bosque nativo manejado	9
4. Cultivos anuales de secano / Bosque artificial abandonado	3
5. Cultivos anuales de riego y cultivos perennes de secano	8
6. Cultivos perennes de riego	5
7. Cultivos intensificados	4
8. Invernaderos y parques	2
9. Zonas edificadas.	6

✓ **Simplificación y síntesis de la información**

La información disponible para la formación vegetal, a partir de la descripción de terreno, como ya se señaló, está expresada en términos de estratificación y recubrimiento. El concepto de formación vegetal permite sintetizar dichos criterios, dando origen a una expresión fisionómica global de la vegetación.

Dentro de cada unidad, cuando se presentan varias estratas para un mismo tipo biológico, es necesario simplificar la información; el objetivo es tener un sólo porcentaje de recubrimiento por cada tipo biológico. Para este efecto se suman los valores extremos máximos y mínimos aritméticos. La tabla 6 permite simplificar la información directamente, considerando los índices de cobertura por estrata de cada tipo biológico (Etienne y Prado, 1982).

Tabla 6: Simplificación de la cobertura por tipo biológico. La tabla se usa cuando una unidad cartográfica presenta varias estratas por tipo biológico.
(* = la decisión final se toma con ayuda de la fotografía aérea)

Índice de cobertura de cada estrata	1	2	3	4	5
1	1	3	3	4	5
2	3	3	3 / 4*	4	5
3	3	3 / 4*	4	5	6
4	4	4	5	5 / 6*	6
5	5	5	6	6	6

El nombre o designación que lleva la formación vegetal está dado por la importancia relativa de los diferentes tipos biológicos en la comunidad, es decir, aquellos tipos cuya cobertura es mayor o igual a un cierto porcentaje (1%, 10 % o 25 % según la región ecológica).

Cuando las formaciones son simples, es decir están formadas por un sólo tipo biológico predominante, el nombre de la formación queda automáticamente dado por este tipo biológico. En el caso de formaciones complejas, el nombre está dado por los diferentes tipos biológicos. En el caso de que todos los tipos biológicos posean una cobertura inferior al porcentaje mínimo fijado para la región ecológica del estudio respectivo, se indica la formación como de vegetación extremadamente escasa o zona desnuda (ZD). Por ejemplo las unidades:

Tabla 7: Ejemplos de síntesis de la información. * : se usa matorral como sinónimo de leñosa baja –herbácea.

FORMACIÓN VEGETAL		
Definición de terreno	Simplificación	Nombre asignado
ZD	ZD	Zona sin vegetación
LB3 H2	LB3 H2	Leñosa baja – herbácea (matorral)*
LB1 LB4 H1 H3 S1	LB4 H3	Leñosa baja – herbácea (matorral)*

Para que la denominación de la formación vegetal esté completa, es necesario que lleve asociado un índice de densidad, el cual expresará el porcentaje de cubrimiento o estructura horizontal de la comunidad. En el caso de formaciones simples estas retienen su densidad original; sin embargo aquellas que presentan más de un tipo biológico deberán ser conjugadas para obtener un índice para la formación; así tenemos que, para las unidades del ejemplo anterior:

Tabla 8: Ejemplos de síntesis de la información incluyendo la densidad de cada unidad.

FORMACIÓN VEGETAL		
Definición de terreno	Simplificación	Nombre asignado
ZD	ZD	Zona sin vegetación
LB3 H2	LB3 H2	Matorral muy claro
LB1 LB4 H1 H3 S1	LB4 H3	Matorral poco denso

2.2. Inventarios florísticos

El estudio de la composición florística debería considerar, por una parte la realización de inventarios florísticos exhaustivos mediante el método de las áreas crecientes o área mínima fitosociológica (Mueller-Dombois y Elleberg, 1974) a partir de 12,5 por 12,5 cm hasta 32 por 32 m, dependiendo de los tipos vegetacionales. Por otra parte, se podría considerar el rastreo, mediante recorrido libre, de microambientes o sectores de distribución restringida, en donde se puede detectar especies raras o con ecologías particulares. Esta última actividad debe ser realizada por botánicos expertos y tiene la desventaja de ser irreplicable.

Las parcelas de inventario son distribuidas en las diferentes formaciones vegetales del área, de acuerdo a la fotointerpretación de unidades homogéneas en cuanto a color, textura y otras características de la vegetación detectables en imágenes pancromáticas blanco negro o color.

En cada una de estas parcelas se procede a coleccionar muestras de las diferentes especies presentes, a fin de confirmar posteriormente su determinación taxonómica y además conservar un registro físico que permita solucionar posteriores posibles discrepancias. En forma complementaria, se puede tomar fotografías para apoyar la posterior determinación taxonómica en laboratorio.

Este inventario debe efectuarse de acuerdo a los resultados del inventario de la vegetación, muestreando cada comunidad (especies dominantes y fisionomía) en función de su distribución geográfica y de su importancia relativa (% de la superficie ocupada por cada una de ellas), además de la heterogeneidad ambiental. El éxito de esta actividad dependerá en fuerte medida de la experiencia del equipo que realice el estudio, ya que muchas especies son de difícil discriminación y/o difícil detección en el terreno. Aquí, en mayor medida que para el estudio de la vegetación, resulta trascendental la época en que se efectúen las evaluaciones, debiendo siempre, al menos una, corresponder al período de máxima expresión del desarrollo biológico de la región ecológica respectiva; en este sentido resulta recomendable que se efectúe más de una campaña de evaluación de flora, a fin de detectar especies que presentan fenologías particulares (precoces o tardías).

Todo esto permitirá una adecuada definición de las características estructurales y, en cierto grado, funcionales de los sistemas vegetacionales del sector de interés; sin embargo la evaluación valorativa de estas características no se puede realizar sin considerar un ámbito más general o de mayor extensión. En esto resulta fundamental la comparación de los resultados obtenidos con antecedentes de carácter regional o nacional (menor escala). Esto permite definir la singularidad o valor de representatividad de los sistemas vegetacionales del sector, lo cual redundará en la valoración ambiental o ecológica de este componente, especialmente para la posterior **Evaluación de Impacto Ambiental**.

2.2.1. Variables a considerar en un inventario florístico

Un aspecto fundamental en la caracterización florística de una comunidad vegetal, es que la metodología adoptada debe proporcionar una representación adecuada de todas las especies presentes en la comunidad. Algunas variables básicas que deben estar presente en todo inventario florístico son :

- **Status taxonómico de la especie:** Según catálogo de la Flora Vasculare (Marticorena y Quezada, 1985).
- **Estado de Conservación :** Para cada especie, según aparece en el Libro Rojo de la Flora Chilena (Benoit, I. Ed, 1989).

- **Origen geográfico (autóctona o alóctona)** : Es fundamental establecer si la especie es originaria del lugar en el que se encuentra o ha sido introducida.
- **Abundancia** (densidad) : Número de individuos por unidad superficial. Los elementos enumerados pueden ser plantas enteras o porciones de éstas, dependiendo de la morfología de las especies estudiadas.
- **Cobertura** : Proporción de terreno ocupada por la proyección perpendicular de las partes aéreas de las especies consideradas, usualmente expresada en porcentaje. En comunidades con varios estratos, la cobertura total para todas las especies puede exceder fácilmente el 100 %.

En la mayoría de los casos basta con registrar alguna de las dos variables anteriores, abundancia o cobertura. Si se desea o se necesita mayor precisión en la descripción se deberá considerar ambas variables en cuyo caso podría definirse la magnitud.

- **Magnitud** : Índice compuesto, que relaciona abundancia y cobertura.
 - 5 Cualquier número, con cobertura mayor al 75 % del área de referencia.
 - 4 Cualquier número, con cobertura entre 50 y 75 %.
 - 3 Cualquier número, con cobertura entre 25 y 50 %.
 - 2 Cualquier número, con cobertura entre 5 y 25 %.
 - 1 Numerosa, pero menos de un 5% de cobertura; o dispersa, con cobertura superior a un 5%.
 - + Pocas, con baja cobertura (menor a un 5 %).
 - r Solitaria, con baja cobertura (menor a un 5 %).

Dado que cada estudio posee objetivos específicos, se requiere medir variables adicionales que permitan capturar otros aspectos de interés en la caracterización de la comunidad vegetal. Algunas variables opcionales son, por ejemplo :

- **Biomasa** : Cuantificación de la biomasa total o parcial de una especie, en base a medición directa o estimación según tablas de referencia.
- **Productividad Primaria** : Aumento en biomasa (crecimiento) acumulado durante un año.
- **Estado Sanitario** : Presencia de enfermedades o plagas en las especies evaluadas.

2.2.2. Métodos de inventario

Existe una amplia variedad de métodos que permiten realizar la caracterización florística de una comunidad vegetal, cuya conveniencia o aplicabilidad depende de los objetivos específicos de cada estudio y de la estructura de la comunidad estudiada. Sin embargo, y cualquiera sea el método utilizado para el estudio florístico, cada punto de medición (unidad muestral) debe cumplir con los siguientes requerimientos (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974) :

- Debe ser de tamaño suficiente como para contener todas las especies que pertenecen a la comunidad vegetal.
- El hábitat debe ser uniforme dentro del área de muestreo, dentro de los niveles que uno puede determinar.
- La cobertura vegetal debe ser lo más homogénea posible.

✓ **Parcelas muestrales**

Una alternativa para la realización de inventarios florísticos, es el uso de parcelas de muestreo de área fija (circulares, rectangulares, etc.), dentro de las cuales se registran todos los individuos encontrados. Esta opción es adecuada – principalmente – para comunidades arbóreas, arbustivas y cactáceas. Sin embargo, es necesario utilizar parcelas de superficie tal que aseguren la representatividad de cada unidad muestral, para lo cual se recurre al método del área mínima o de Braun-Blanquet (Müeller-Dombois y Ellenberg 1974).

✓ **Método del área mínima**

El método de área mínima permite determinar la más pequeña superficie sobre la cual la composición de especies de la comunidad en cuestión está adecuadamente representada, la que depende del tipo de comunidad a estudiar y de la variación interna que ésta tenga. Para zonas templadas se han encontrado buenos resultados utilizando los siguientes valores :

Tabla 9: Superficies recomendadas por formación vegetal.

Formación vegetal	Superficie (m ²)	Formación vegetal	Superficie (m ²)
Bosques		Matorral bajo	10 – 25
Estrato arbóreo	200 – 500	Pradera de gramíneas	10 – 25
Sotobosque	10 – 25	Empastadas (fertilizadas)	5 - 10
Pastizales	50 – 100	Comunidades de musgos	1 – 4
Malezas agrícolas	25 – 100	Comunidades de líquenes	0,1 - 1

El área mínima sólo puede ser determinada en una comunidad que es relativamente homogénea y no fragmentada. Se determina inicialmente a través de pequeñas superficies (p.e. 0,5 m x 0,5 m) y registrando todas las especies que se encuentran en ella. Luego, esta área se duplica y se registran todas las nuevas especies que aparecen en la nueva unidad considerada. El área de muestreo se va agrandando hasta que el número de especies agregadas tiende a ser pequeño. Esta metodología se denomina de muestras anidadas (fig. 2).

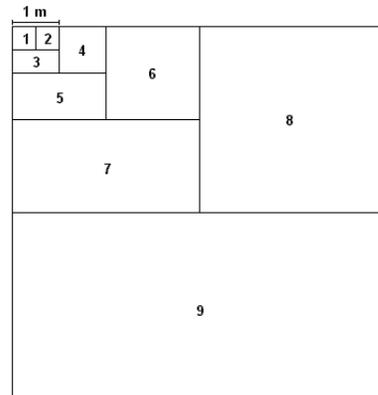


Figura N° 2 : Sistema de muestras anidadas, sobre una superficie total de 64 m².

Los resultados de la muestra anidada se grafican en una curva especie/área (fig. 3), considerando el número acumulado de especies registradas, según el área de muestreo asociada. Para determinar el área mínima de muestreo para la comunidad se utiliza un criterio relativo, sobre el número total de especies en relación al área total de muestreo. En particular, se sugiere la utilización de un punto a lo largo de la curva en el cual un aumento de 10 % en el área total de muestreo produce sólo un incremento de un 10 % en el número de especies registradas.

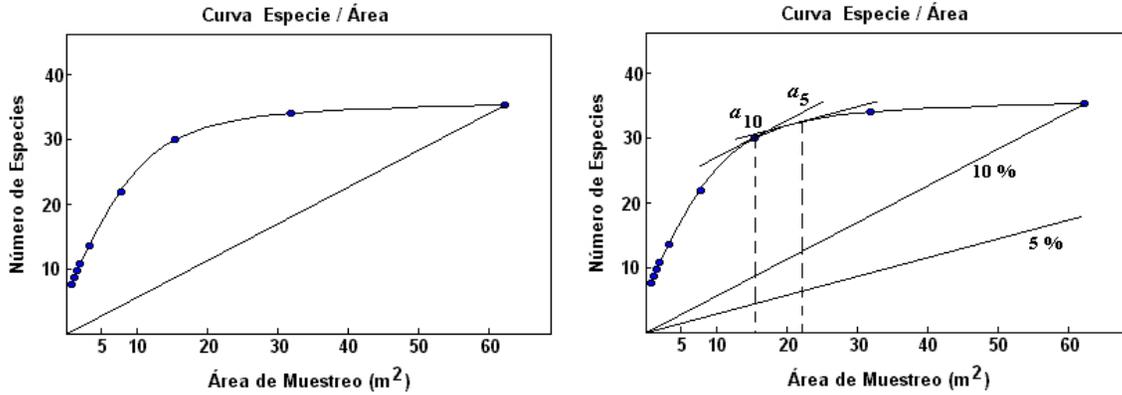


Figura N° 3 , Izquierda : Curva especie/área, determinada a partir de la muestra anidada. Derecha, determinación del área mínima según distintos criterios de incremento del número de especies por cada 10 % de incremento en el área medida (α_{10} : 10 %, α_5 : 5 %).

Este punto se determina trazando una recta entre el origen del gráfico hasta el 100 % de los valores de número de especies y área. Luego, esta recta se desplaza y se determina en qué punto es tangencial a la curva especie/área. La proyección vertical de este punto especifica el área mínima de muestreo. Un criterio más conservador se tiene al considerar un 5 % de incremento en el número de especies por cada 10 % de aumento en superficie.

✓ Método de Point-Quadrat

En ciertas comunidades, la determinación de estimadores de frecuencia (abundancia, cobertura) depende de manera excesiva en los criterios del experto a cargo de la evaluación (Greig-Smith, 1983). Especialmente en formaciones herbáceas, como praderas, pastizales o bofedales, en las que resulta de mayor utilidad el uso del método de point-quadrat.

Este método es bastante simple, y consiste en la evaluación de contactos en 100 puntos, espaciados regularmente dentro de un transecto de largo definido (p.e. 50 m), utilizando para esto una varilla fina o alambre. La proporción del largo total del transecto interceptada por una especie da una medida de la cobertura de esa especie, de la misma manera que indica la proporción de suelo desnudo, o de la pedregosidad superficial.

Una leve modificación de éste método permite, además, realizar mediciones de biomasa. Para esto, se debe registrar, además de las intercepciones con una especie dada, el número de contactos entre la varilla y cada planta. De esta manera, un mayor número de contactos se relaciona con una mayor presencia de biomasa.

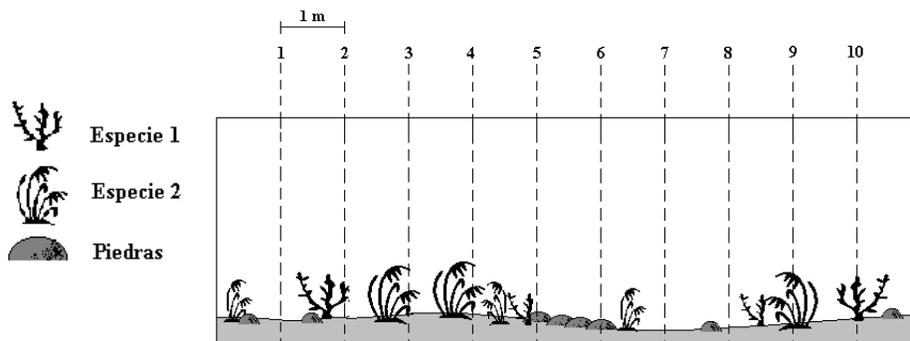


Figura N° 4 : Esquema de una medición realizada mediante el método de point-quadrat.

En la figura se presenta un ejemplo de medición realizada con el método de point-quadrat, con puntos espaciados cada 1 m, en un transecto de 10 m de largo realizado en una comunidad descrita compuesta por 2 especies. De la medición se tiene que :

Suelo desnudo	:	30 % (3 contactos)
Pedregosidad superficial	:	20 % (2 contactos)
Cobertura especie 1	:	20 % (2 contactos)
Cobertura especie 2	:	30 % (3 contactos)

Del número de contactos con cada planta, se tiene que hay un total de 9 para la especie 2, y sólo 2 contactos para la especie 1, lo que indica que la biomasa de la primera es mayor a la de la segunda.

2.3. Relación entre flora y vegetación (Información mínima requerida)

La cantidad y distribución de las parcelas de inventario florístico debe estar definida en función de la diversidad de asociaciones vegetales presentes en la zona de estudio y de la diversidad de condiciones ambientales en las que se encuentran. Todos los tipos de formaciones vegetales deben ser considerados en forma independiente realizando un muestreo florístico para cada uno ó, alternativamente, ser usados como base en el diseño de un muestreo estratificado. En ambos casos, el objetivo es segmentar la “macropoblación” de especies vegetales en unidades superficiales discretas donde su número y frecuencia relativa se mantengan, relativamente, más estables.

La situación típica después de la realización de la cartografía de la vegetación es contar con un mapa en donde se observa un mosaico de unidades superficiales discretas (rodales y/o polígonos) que representan diferentes unidades vegetales, definidas en función de su formación vegetal, especies dominantes y grado de artificialización. No todas las unidades son diferentes y muchas están repetidas a lo largo de la zona de estudio. El total de unidades del mismo tipo puede considerarse, para efectos de diseño del inventario florístico, como una población independiente o como un estrato. Para cada estrato será necesario localizar y levantar las muestras florísticas. El número de unidades muestrales será función de la variabilidad de la cantidad de especies presentes en el estrato y de su frecuencia, además del error que se este dispuesto a aceptar (ejem.: 10-20%). El número mínimo de unidades muestrales (parcelas) debe permitir calcular la varianza de la estimación y aumentará en función de la varianza y del error que se desee alcanzar.

La estratificación debe considerar las variaciones ambientales que puedan afectar la composición florística dentro y entre unidades vegetacionales. Variables que deberían revisarse son:

- ✓ Posición topográfica: fondo valle, media ladera, alta ladera, meseta y sectores planos.
- ✓ Altitud sobre el mar: definida en rangos (ejem.: cada 100 ó 500 m).
- ✓ Orientación y pendiente.
- ✓ Serie de suelos y litología.

Estas variables establecerán la necesidad de efectuar nuevas estratificaciones o separaciones entre poblaciones que inicialmente podrían haber estado unidas.

3. Criterios y metodologías de evaluación de impactos

3.1. Aspectos relevantes de la flora

La evaluación de las características globales (nivel regional y/o nacional) se puede realizar mediante la búsqueda y recopilación de antecedentes bibliográficos, además de la utilización de publicaciones especializadas para este propósito (Gajardo, 1983 y 1994; Benoit, 1989).

Particularmente importante resulta la definición del estado de conservación de cada especie, para lo cual sólo existe clasificación en el caso de las especies arbóreas y arbustivas de la flora autóctona. En el caso de las especies suculentas (Cactáceas y Bromeliáceas), helechos y monocotiledóneas geófitas bulbosas, si bien existen definiciones para cada entidad, éstas corresponden a clasificaciones presuntas y unipersonales, debiendo emplearse como marco referencial, señalándose, cuando venga al caso, modificaciones a estas proposiciones.

Para el resto de la flora chilena, dicotiledóneas herbáceas, monocotiledóneas no bulbosas (es decir, la mayor proporción de las especies nacionales) no se ha desarrollado, a la fecha, ninguna clasificación que permita establecer los niveles de riesgo, incluso no es posible definir su distribución geográfica, lo cual podría corresponder a una primera aproximación para la clasificación de su estado de conservación; en algunas evaluaciones, para estas especies, se ha aplicado la categoría sin información (SI), lo cual si bien corresponde a la realidad, no permite establecer de modo objetivo los valores de riesgo global de los sistemas vegetacionales de un área determinada.

Una posible solución para esto, consiste en establecer, de modo más o menos preciso, el estado y la distribución local de cada especie, clasificando de acuerdo a los siguientes criterios:

- ✓ **Riesgosas eventuales (RE)** : aquellas que sólo sean ubicadas en el área de influencia directa de determinado proyecto.
- ✓ **Riesgosas improbables (RI)**: aquellas que encontrándose en el área de influencia directa presenten poblaciones en el área de influencia indirecta.
- ✓ **Sin riesgo actual (SR)**: aquellas que sólo sean ubicadas en el área de influencia indirecta.

3.2. Aspectos relevantes de la vegetación

En términos de vegetación, el impacto debe ser evaluado considerando tres aspectos fundamentales:

- ✓ ¿Qué se ha impactado?
- ✓ ¿Cuánto es lo que se ha impactado?
- ✓ ¿Qué valor tiene el impacto?

La primera pregunta puede ser respondida superponiendo las áreas de influencia directa e indirecta sobre la cartografía de la vegetación. De esta forma se sabrá cuales unidades vegetacionales son afectadas y, como se cuenta con el listado florístico asociado, se sabrá cuales especies (y su proporción) son las que sufrirán el impacto.

La segunda pregunta se responde como continuación de la primera. En el mapa de vegetación se mide directamente la superficie afectada en cada unidad vegetacional y por agregación se obtienen las superficies totales.

La tercera pregunta no tiene una respuesta directa como para las dos primeras y es necesario recurrir a técnicas de valoración de impactos sobre flora y vegetación, algunas de las cuales se revisan en el punto siguiente.

3.3. Valoración y Calificación de los Impactos

Existen numerosas aproximaciones metodológicas para llevar a cabo la valoración y/o calificación de impactos. Todas ellas, incluyen alguna expresión de magnitud y de importancia. Las diferencias se encuentran en la forma en que se define y se calculan dichas expresiones. A continuación se presenta un método en particular, conocido como CAI (calificación ambiental de impactos), especialmente útil por su correspondencia con medidas de mitigación, restauración y compensación. Debe tenerse en cuenta que la CAI se presenta sólo como un método alternativo (representativo) y que existen otras formas metodológicas de enfrentar el mismo problema.

3.3.1. Calificación Ambiental de Impactos (CAI)

Este índice considera para cada impacto los siguientes elementos criterios en su calificación:

Tabla 10: Criterios utilizados en calificación ambiental de impactos (CAI).

Criterio	Descripción	Escalas
Carácter (C)	Establece si el cambio provocado por cada acción sobre el ambiente es positivo o negativo.	+ 1 / -1
Intensidad (I)	Importancia relativa de las consecuencias que tendrá la alteración del elemento sobre el medio.	Fuerte (2) Medio (1,5) Suave (1)
Riesgo de ocurrencia (Ro)	Probabilidad de que el impacto pueda ocurrir durante la vida útil del proyecto.	Cierto (1) Probable (0,5-0,9) Poco probable (0,1-0,4)
Extensión (E)	Magnitud del área afectada por el impacto.	Regional (2) Local (1,5) Puntual (1)
Duración (Du)	Medida del período de tiempo durante el cual las repercusiones del impacto serán perceptibles.	Largo (> 5 años) Medio (1-5 años) Corto (< 1 año)
Desarrollo (De)	Medida del tiempo que el impacto tarda en desarrollarse. Es decir, su evolución hasta su completa manifestación.	Rápido (1 año) Medio (1-5 años) Lento (> 5 años)
Reversibilidad (Re)	Capacidad de revertir el efecto del impacto sobre el medio.	Irreversible (2) Parcialmente rev. (1,5) Reversible (1)

La CAI, entendida como la resultante de la interacción integrada de los atributos que caracterizan el impacto ambiental, queda definida por la siguiente expresión:

$$CAI = M * VAE$$

$$M = C * Ro * (I + E + Du + De + Re)$$

donde **M** es la magnitud el impacto y **VAE** es el valor ambiental del elemento impactado (tabla 10). El valor final del **VAE** se obtiene de la siguiente expresión:

$$VAE = Es (p1) + Ab (p2) + Ec (p3)$$

donde **Es** = estado de conservación del elemento, **Ab** = abundancia o escasez del elemento y **Ec** = importancia para el ecosistema o entorno. Por último, **p1**, **p2** y **p3** son ponderadores en cada zona de riesgo (valores 0-1).

Tabla 11 : Atributos de calificación para el cálculo del VAE.

Estado de conservación	Abundancia o Escasez	Importancia para el ecosistema o entorno	Calificación
Muy bueno	Muy Escaso	Muy importante	9-10
Bueno	Escaso	Importante	6-8
Regular	Relativamente abundante	Relativamente importante	5-3
Malo	Muy abundante	Poco importante	1-2

Una vez obtenido el valor final se procede a una jerarquización de los impactos en función de los valores de la CAI. De esta forma, se obtiene un criterio global para la definición de las medidas de mitigación, restauración o compensación necesarias. La tabla 12, muestra la jerarquización predeterminada para los impactos negativos identificados en un proyecto.

Tabla 12: Jerarquías y niveles de impactos en base de valores CAI (basado en impactos negativos).

Nivel	Características	Rangos CAI
Muy alto (crítico)	Hay cambio permanente de las condiciones ambientales. No hay recuperación, aún adoptando medidas correctoras.	CAI > 80
Alto	La recuperación de las condiciones iniciales exige prácticas correctoras. Aún con estas medidas se requerirían un período extenso para lograrlo.	60 < CAI ≤ 80
Medio	Se producen cambios perceptibles respecto de la condición de base. Para el retorno a las condiciones iniciales es recomendable el uso de prácticas correctoras. La recuperación requeriría un período de tiempo relativamente menor.	40 < CAI ≤ 60
Bajo	El retorno a las condiciones iniciales requeriría un período corto de tiempo. El impacto es localizado y los cambios se presumen perceptibles, pero no significativos.	20 < CAI ≤ 40
Muy bajo (irrelevante)	El retorno a las condiciones iniciales es prácticamente inmediato tras el cese de la actuación.	≤ 20

4. Criterios y técnicas de mitigación, restauración y compensación

4.1. Definición de conceptos.

Dentro de las alternativas que tienen por objeto contrarrestar o minimizar los impactos negativos producidos sobre el medio ambiente, la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente define la mitigación, la reparación y la compensación..

Las medidas de mitigación (artículo 59) tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto o actividad, cualquiera sea su fase de ejecución. Se expresarán en un Plan de Medidas de Mitigación que deberá considerar , a lo menos, una de las siguientes medidas:

- a) Las que impidan o eviten completamente el efecto adverso significativo, mediante la no ejecución de una obra o acción, o de alguna de sus partes.
- b) Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la magnitud o duración de la obra o acción, o de alguna de sus partes, o a través de la implementación de medidas específicas.

Las medidas de reparación y/o restauración (artículo 60) tienen por finalidad reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas. Dichas medidas se expresarán en un Plan de Medidas de Reparación y/o Restauración.

Las medidas de compensación (artículo 61) tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado. Dichas medidas se expresarán en un Plan de Medidas de Compensación, el que incluirá el reemplazo o sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados, por otros de similares características, clase, naturaleza y calidad.

Las medidas de reparación y compensación sólo se llevarán a cabo en las áreas o lugares en que los efectos adversos significativos que resulten de la ejecución o modificación del proyecto o actividad, se presenten o generen.

Si de la predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad se deducen eventuales situaciones de riesgo al medio ambiente, el titular del proyecto o actividad deberá proponer medidas de prevención de riesgos y de control de accidentes. Las medidas de prevención de riesgos tienen por finalidad evitar que aparezcan efectos desfavorables en la población o en el medio ambiente. Las medidas de control de accidentes tienen por finalidad permitir la intervención eficaz en los sucesos que alteren el desarrollo normal de un proyecto o actividad, en tanto puedan causar daños a la vida, a la salud humana o al medio ambiente.

4.2. Criterios y Técnicas de Recuperación de Medios Alterados

La recuperación de medios alterados puede realizarse con distintos objetivos, ya sean paisajísticos, ecológicos, económicos o bien para corregir el impacto causado por obras civiles.

Para poder elegir el tipo de vegetación que mejor puede satisfacer los objetivos de la revegetación –replamamiento de una zona alterada con plantas– y las condiciones de terreno, hay que considerar los factores técnicos y sociales que modelan el territorio, por que todos ello pueden influir en la elección del tipo de vegetación a implantar; entre estos factores, cabe destacar :

- ✓ Bioclimatología de la zona.
- ✓ Topografía, geología, edafología, hidrología, y cuantos factores físicos puedan condicionar el éxito de la revegetación.
- ✓ Series de vegetación, comunidad clímax, vegetación potencial y actual, etapas de degradación.
- ✓ Especies dominantes de las distintas etapas seriales naturales, y otras especies que, aunque sean exóticas, estén presentes en la zona.
- ✓ Destino o utilización prevista para el espacio que se va a revegetar.
- ✓ Posibilidades técnicas del proceso de revegetación.

Una vez considerados los factores, se determina la naturaleza de la vegetación a implantar, ya sea herbácea, leñosa u otra.

4.2.1. Implantación de herbáceas

La implantación de herbáceas suele elegirse cuando ésta es la condición inicial que se desea restaurar, o bien cuando el espacio a revegetar ha llegado a un estado tal, que sería imposible recuperar comunidades vegetales más evolucionadas.

Las técnicas que se emplean para implantar vegetación herbácea dependen sobre todo de la topografía del terreno a revegetar. En general, en terrenos planos se utilizan técnicas agrícolas convencionales, aún cuando la tierra vegetal ha sido eliminada (se puede compensar con aportes directos).

En superficies inclinadas, con una capa de suelo escasa y sin posibilidades de aportarla, se debe recurrir a alternativas diferentes a las técnicas y maquinaria convencionales. En este caso, la hidrosiembra permite trabajar en estas condiciones.

La hidrosiembra consiste en sembrar las semillas mezcladas con agua, además de otros productos destinados a facilitar el arraigo y desarrollo de las plantas. La mezcla de la hidrosiembra contiene, en proporciones que suelen indicar en cada caso, los siguientes elementos :

- ✓ Semillas.
- ✓ Abonos.
- ✓ Estabilizadores-fijadores.
- ✓ Mulches protectores.
- ✓ Agua.

La hidrosiembra se realiza con una máquina que se llama hidrosebradora, la cual tiene una capacidad entre 3.000 y 6.000 lts. En ella, la mezcla debe estar en constante agitación, con tal de asegurar su homogeneidad. La siembra se realiza, la mayoría de las veces, en dos pasadas. En la primera, se aplican las semillas y los abonos. La segunda, generalmente en sentido opuesto a la anterior, aporta mulch de tapado y estabilizadores.

Antes de la realización de la hidrosiembra conviene, si la inclinación del terreno lo permite, preparar físicamente la superficie. Por ejemplo, si es desigual, se podría intentar nivelar haciendo que desaparezcan los surcos, o rellenando oquedades o, si es muy pedregosa, se podrían retirar las piedras mayores, o se podría rayar horizontalmente el terreno para facilitar el arraigo de las semillas.

Definiciones

- **Mulch** : se denomina mulch a un conjunto de materiales de origen orgánico, o más rara vez inorgánico, cuya función es recubrir el suelo para servir de protección, tanto para el propio suelo como para las semillas. Hay muchos materiales que sirven para fabricar mulch, paja de cereales triturada en pedazos muy pequeños, aserrín, celulosa de pasta de madera (mecánica), papel periódico, mantillo, resinas, etc.
- **Estabilizadores** : son aquellos productos – orgánicos o inorgánicos – que aplicados en solución acuosa con la hidrosiembra contribuyen a mejorar la estructura del suelo y reducen el peligro de erosión, porque aglomeran las partículas del suelo, formando enlaces coloidales que aumentan la porosidad del mismo y su capacidad de retención de agua. Hay tres tipos de estabilizadores, orgánicos, polímeros sintéticos y emulsiones bituminosas.
- **Abonos** : en general, las hidrosiembras se realizan en terrenos con suelos empobrecidos e, incluso, sin suelo, por lo que suele ser necesario añadir abonos. En general, resulta de mayor conveniencia agregar abonos de incorporación lenta.

4.2.2. Repoblación forestal

Se puede definir la repoblación forestal como un conjunto de técnicas destinadas a crear una masa forestal formada por especies leñosas, ya sean arbóreas o arbustivas.

La implantación de especies leñosas puede hacerse por dos métodos distintos : siembra o plantación. La elección del método está en función de varias circunstancias, entre las cuales se encuentran :

- ✓ Tipo de terreno : si el terreno es rico, de poca pendiente, con suelos capaces de retener la humedad, puede ser mejor la siembra. En cambio, en suelos pobres o con topografía tortuosa, sembrar puede ser arriesgado.
- ✓ Tipo de especie elegida : si la especie es propia de la vegetación circundante o potencial, tiene sus primeros estadios de desarrollo resistentes a fuerte iluminación, es de crecimiento rápido, y además, es fácil encontrar semillas en cantidades grandes y a precios moderados, y el porcentaje de germinación es alto, será mejor sembrar.
- ✓ Fauna de la zona : si hay animales como roedores, insectos o aves, que comen semillas o plántulas, será más adecuada la plantación, porque si se siembra, la fauna del lugar comería las semillas, comprometiendo el éxito de la repoblación.
- ✓ Aspectos económicos : la ejecución de la siembra es, por regla general, más barata que la de la plantación, porque requiere menos mano de obra. Sin embargo, como por siembra se obtienen mayor cantidad de plantas, es posible que se necesiten mayores cuidados culturales posteriores en el caso de siembra que en la plantación.
- ✓ Tiempo : por lo general, las plantaciones adquieren altura en menos tiempo, por que se aportan al terreno plantas ya crecidas. Sin embargo, con el paso del tiempo no existen diferencias de altura potencial.

Sea cual sea el método elegido, la implantación de leñosas posee los siguientes pasos básicos :

- a.- Desbroce (limpia) del terreno.
- b.- Preparación del suelo.
- c.- Plantación o siembra.
- d.- Cuidados posteriores.

4.2.3. Aspectos generales de la propagación de cactáceas

✓ Trasplante

El trasplante de cactáceas debe realizarse, en general, en primavera y en verano. Una vez realizado el trasplante, se debe mantener el suelo sin regar por 3 a 6 días para dejar que cicatricen las heridas que se haya producido en las raíces durante la operación. Después de este período, se puede comenzar a regar normalmente.

✓ Propagación por semilla

Para que su resultado sea satisfactorio, la siembra debe realizarse en un invernadero, o caja de propagación apropiada. El mejor momento para realizar la siembra es a comienzos de primavera, aunque si se dispone de calor de fondo, se pueden realizar durante todo el año.

Las semillas, previamente desinfectadas, se siembran en bandejas de 5 a 6 cm de profundidad. Se deben distribuir homogéneamente sobre la superficie, y luego cubrir con una capa delgada de arena fina (1 – 1,5 mm). Es conveniente mantener una humedad constante en el compuesto de siembra, para lo cual se utiliza – habitualmente – un sistema de infiltración subterránea. El período de germinación, así como la velocidad de crecimiento de los cactus dependen directamente de cada especie.

✓ Propagación vegetativa

Los cactus, así como otras plantas suculentas, pueden ser reproducidos con facilidad a través de vástagos, estacas, hojas, talones y otros elementos vegetativos. Un detalle fundamental para el enraizamiento de vástagos o estacas de suculentas, en general, es que la herida de su base debe estar perfectamente seca en el momento de plantación. La cicatrización tiene lugar en 1-2 semanas, y en especies grandes puede necesitar un mes o dos, período durante el cual los vástagos deben guardarse en un lugar templado, sombreado y ventilado. En el momento de la plantación, el sustrato debe estar ligeramente húmedo, y los riegos posteriores deben ser reducidos. El uso de agentes enraizantes u otros depende de las características de la especie a propagar.

✓ Propagación por injertos

El injerto de un cacto sobre otro no tiene especial problema si se tienen en cuenta algunas normas operatorias. El portainjertos a utilizar debe ser vigoroso y tener un período de reposo similar al de la especie injertada. El mejor momento para llevar a cabo el injerto es cuando tanto el patrón como la planta a injertar se encuentran en plena vegetación. Existen varias técnicas de injertos, de caras planas, en cuña, en cuña invertida y en pivote.

4.3. Recomendaciones para algunas especies de interés

A continuación se presenta parte de la experiencia acumulada por el Profesor LuíS Faúndez⁷ y su colaborador Gustavo Girón⁸ para tres casos: ejemplares de bulbosas, ejemplares del género *Puya* y de *Palma* chilena.

⁷ Ing. Agrónomo, experto en botánica aplicada. Académico de la Universidad de Chile, Fac. Cs. Agronómicas.

⁸ Ing. Forestal, experto en botánica aplicada.

4.3.1. Protocolo de transplante para ejemplares del género *Puya*.

En el transplante de los ejemplares del género *Puya*, que pudiesen verse impactados por algún proyecto de infraestructura, se deben seguir a lo menos los siguientes pasos para operacionalizar dicha actividad:

- ✓ Disminuir la superficie de evaporación, mediante la poda de 1/3 del follaje de los ejemplares. Esta poda debe ser efectuada de manera que mantenga y no se dañe la porción central de la planta. El proceso de representa esquemáticamente en la figura 5.

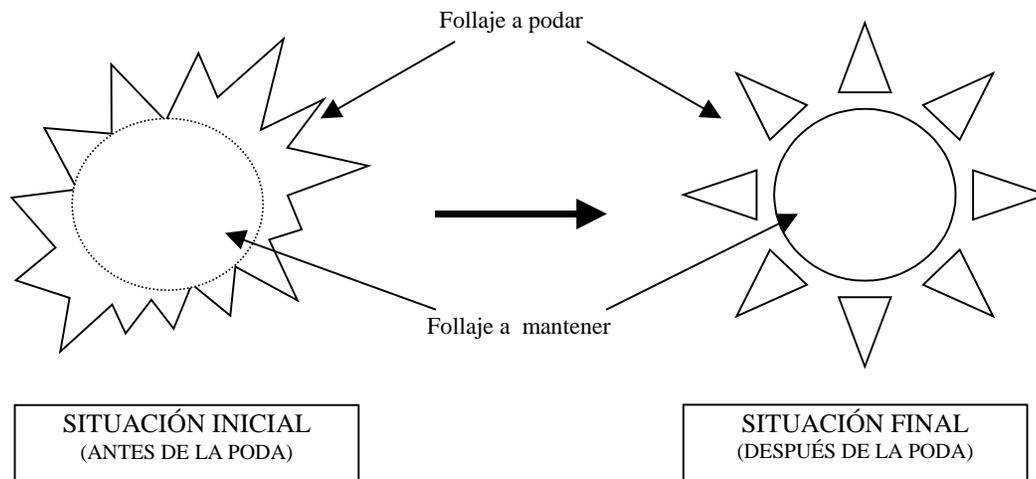


Figura 5: representación esquemática del proceso de poda.

- ✓ Desenterrar los individuos, cuidando de no dañar el centro de la planta y la porción que se ubica en el nivel del suelo (cuello de los ejemplares).
- ✓ Podar las raíces dañadas en el proceso de desentierro y espolvorear todo el sistema radicular expuesto con un producto fungicida (CAPTAN, BENLATE o cualquier otro fungicida comercial en polvo).
- ✓ Si el proceso de transplante se desarrolla en el período estival o finales del primaveral, las plantas se deben disponer, a raíz desnuda y bajo malla sombreadora, por un período de 3 a 4 días de modo de que cicatricen las heridas del sistema radical. Si el transplante se verifica durante el período otoñal, invernal o comienzos del primaveral, las plantas se deben disponer, a raíz desnuda y bajo techo de modo de evitar que se mojen por lluvia o que les afecten heladas, y así proteger el sistema radical de pudriciones o quemaduras por heladas, durante un período que va desde 1 a 2 semanas dependiendo de la humedad relativa del ambiente.
- ✓ Finalmente, las plantas deben ser dispuestas en los sitios elegidos para ello, y que deben presentar las siguientes condiciones:
 - Substrato poco compactado y con baja o nula presencia de materia orgánica. Idealmente estas condiciones las presentan sectores de relleno o taludes de pendientes suaves.
 - Situaciones de exposición norte, noreste o noroeste.

- ✓ Los individuos deben ser dispuestos sobre la superficie del suelo, y sus raíces deben ser tapadas con sustrato SIN ENTERRAR las plantas NI COMPACTAR el entorno a ellas.
- ✓ Por último, si el transplante se verifica en el período estival, se deben efectuar dos riegos: uno a las dos semanas de ejecutada la disposición de las plantas en terreno y el otro al mes y medio de efectuada la disposición de las plantas en terreno, destinando para cada ejemplar más o menos 5 lts o 1 galón de agua.

4.3.2. Protocolo para el rescate y relocalización (transplante) de ejemplares de especies bulbosas

Respecto al rescate se establece la necesidad de ubicar previamente las poblaciones que se verán afectadas, dado su carácter efímero (entran en receso y desaparece la porción aérea de ellas). Una vez ubicadas, éstas deben ser desenterradas, cuidando de no provocar daños significativos en las estructuras de reserva.

Estas estructuras deben limpiarse y ser tratadas con productos fitosanitarios (insecticida-fungicida-bactericida), para luego ser dispuestas en sectores de buena aireación con el objetivo de lograr la cicatrización de posibles heridas e inducir el receso.

Establecido el receso, estas unidades de propagación deben ser almacenadas hasta la siguiente temporada de lluvias (otoño). Las condiciones de almacenamiento consideran una buena aireación, baja humedad relativa, temperaturas moderadas (no superiores a 15°C), idealmente en bolsas de papel o envueltas en papel periódico, guardadas en cajas de cartón, selladas.

Para la plantación (relocalización) se debe considerar como momento apropiado, una semana después de una lluvia de 10 mm, ubicando las estructuras de reserva a una profundidad de 30 cm para los bulbos de mayor tamaño, pudiendo disminuir la profundidad para estructuras menores. Respecto a las condiciones ambientales de los sitios elegidos para estos propósitos, se debe conservar la tipología en que estas especies se encontraban originalmente, es decir aquellas que se encontraron en situaciones expuestas deben ser reinstaladas en ambientes similares, mientras que aquellas que se desarrollaban bajo dosel arbustivo o arbóreo, deberán quedar equivalentemente sombreadas, biológica, topográfica o físicamente.

Resulta altamente recomendable el coleccionar semillas de estas especies y agregarlas en el momento de la plantación, en el entorno inmediato. Para ello es posible considerar la cosecha y almacenaje de este material reproductivo, teniendo cuidado de que no estén expuestas a la humedad, especialmente luego de su cosecha, ya que pueden germinar en un momento muy inapropiado.

4.3.3. Protocolo para el rescate de un ejemplar adulto de *Jubaea chilensis* (Palma chilena)

La primera providencia que debe establecerse es el marcaje del norte magnético sobre el estípite del ejemplar. Posteriormente se procede a la excavación de una taza, en dos etapas. Primero se excava la mitad de la circunferencia, y dos semanas más tarde se completa la taza; esto con el propósito de inducir el enraizamiento (desarrollo de raíces fasciculadas adventicias) en el pan de tierra. La profundidad de la taza debe ser aproximadamente de 1,5 m. Durante este proceso debe asegurarse la estabilidad del individuo mediante tensores que impidan su volcamiento.

Paralelamente se debe acondicionar el sitio de disposición final, en el cual se debe preparar una taza de plantación de dimensiones similares a la base del ejemplar con el pan de tierra resultante. Este sitio corresponde a la misma ubicación en la ladera en donde actualmente se desarrolla este ejemplar, desplazado unos 20-25 metros aguas abajo de la ladera.

El individuo se separa del sustrato (4 semanas después de iniciado el tratamiento), se protege la base y el pan de tierra con aspillera o un material similar que evite una deshidratación y mantenga la adherencia de estos restos de sustrato, y se procede a su traslado.

La disposición se efectuará posteriormente a un tratamiento sanitario completo (insecticida-fungicida-bactericida) del sitio de plantación. Complementariamente debe cuidarse de mantener el norte magnético en la misma posición original, marcada en el estípite, y establecer un sistema de sujeción, mediante tensores, que asegure la estabilidad del individuo durante una temporada.

5. Criterios para la definición del monitoreo

5.1. Monitoreo en función de los objetivos y características del proyecto

El establecimiento de un plan de monitoreo tiene un objetivo fundamental que se puede resumir en la siguiente pregunta: ¿Cómo evoluciona la flora y la vegetación en las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto durante el funcionamiento normal de este?. Por supuesto, no basta con conocer la evolución de ambos componentes sino que además es necesario ir corrigiendo y solucionando los posibles problemas. El objetivo final es lograr la sustentabilidad del componente (flora y vegetación) y monitorear su evolución en base a una serie de criterios e indicadores.

Considerando que existen diferentes aproximaciones en la definición de los criterios a utilizar, la siguiente proposición se basa en aquellos definidos para el Manejo Forestal Sustentable (Proceso de Montreal):

- ✓ Conservación de la diversidad biológica.
- ✓ Mantenimiento de la capacidad productiva del ecosistema.
- ✓ Mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los ecosistemas.
- ✓ Mantenimiento de la contribución al ciclo de carbono.
- ✓ Mantenimiento y mejoramiento de los múltiples beneficios socioeconómicos a largo plazo.
- ✓ Marco legal, institucional y económico para la conservación y manejo sustentable.

Los criterios anteriores no son aplicables a todos los proyectos y tampoco a todos los tipos de vegetación. Sin embargo, son útiles para identificar cuales son los aspectos que deberían considerarse en cualquier proyecto bajo evaluación y así dar origen a los indicadores específicos a usar.

De esta forma, entendemos un criterio como una categoría o proceso mediante el cual puede evaluarse el desarrollo y manejo de la flora y vegetación, y se caracteriza por un conjunto de indicadores relacionados, que son medidos periódicamente para evaluar el cambio.

Un indicador, es una variable cuantitativa o cualitativa que puede ser medida o descrita y que cuando se observa periódicamente demuestra tendencias.

5.2. Bioindicadores y biomonitorización

Todos los procesos naturales ocurren en un contexto espacial, siguiendo patrones de distribución definidos por la interacción de múltiples elementos. Los seres vivos, y en particular las plantas, presentan una serie de características que permiten conocer el estado de orden dentro de cada ecosistema, por lo que son considerados como bioindicadores.

Las plantas, tanto a nivel de individuo, como comunidad o serie vegetacional, evidencian cualquier alteración existente en el medio, ya sea a través de la presencia o ausencia de una especie, alteraciones en el equilibrio de una comunidad o desfases en la serie vegetacional con respecto a la comunidad clímax que puede albergar el medio. Este potencial indicador se ve favorecido, además, por la capacidad que tienen para integrar en sí mismas información múltiple y variada de su entorno a lo largo del tiempo.

Si las plantas – u otros organismos – sólo permiten detectar cambios en el ecosistema, se habla de bioindicadores. Cuando es posible, además, cuantificar la magnitud de las perturbaciones, y seguir su evolución a través del tiempo, se habla de biomonitores.

5.2.1. Bioindicadores o Indicadores Biológicos

Bioindicadores son organismos o comunidades en los que su existencia, sus características estructurales, su funcionamiento y sus reacciones dependen del medio en que se desarrollan y cambian al modificarse las condiciones ambientales (Ederra, A.1996).

Los bioindicadores son sensibles a los cambios ambientales y reaccionan a ellos como si fueran estímulos específicos. Los estímulos absorbidos provocan respuestas que dan información tanto acerca de los cambios ocurridos como, en ocasiones, de su magnitud. La capacidad de respuesta de los bioindicadores depende de varios factores, como genética de los organismos (capacidad de adaptarse a los cambios), su estado de desarrollo (generalmente, los individuos jóvenes son más sensibles que los adultos), de condiciones ambientales (estímulos aditivos, sinérgicos o potenciadores), etc.

En un sentido amplio, todos los organismos vivos pueden ser bioindicadores. Sin embargo, dada su capacidad de respuesta frente a los estímulos, unos son más útiles que otros. Según esto, se tienen especies muy sensibles, sensibles, poco sensibles o resistentes. Dependiendo de los márgenes de tolerancia a los estímulos, se habla de organismos eurioicos (de amplio rango) y estenoicos (de rango reducido). Para efectos de investigación, son de mayor utilidad los organismos estenoicos. Otro criterio que se puede utilizar para clasificar a los bioindicadores es según su forma de respuesta, según el cual se puede hablar de :

- Detectores : bioindicadores que viven naturalmente en un área y que, simplemente, muestran respuestas como cambios de vitalidad, abundancia, etc., frente a los estímulos.
- Explotadores : bioindicadores cuya presencia indica la probabilidad de que exista una perturbación. Con frecuencia se debe a organismos que se hacen abundantes de forma repentina, debido a la falta de competidores, que han sido eliminados por la perturbación.
- Centinelas : bioindicadores sensibles o muy sensibles, que se introducen artificialmente en un medio y funcionan como alarmas.
- Acumuladores : bioindicadores que por lo general son resistentes a ciertos compuestos, por ser capaces de absorberlos y acumularlos en cantidades medibles.

- Organismos test o bioensayo : bioindicadores que se utilizan en el laboratorio a modo de reactivos para detectar la presencia y/o la concentración de contaminantes.

En términos generales, se restringen los bioindicadores a aquellos organismos cuyas reacciones sólo pueden ser medidas en forma cualitativa, y que no necesariamente son proporcionales a la magnitud de los estímulos. Cuando las respuestas son cuantificables, ya sea por cambios proporcionales o por acumulación de contaminantes, se habla de biomonitores.

Cuando se habla de bioindicadores, hay que tener en cuenta algunas precauciones, como por ejemplo :

- Localidad : la mayoría de los bioindicadores lo son en principio a nivel local, pues sus requisitos suelen ser diferentes en distintos puntos geográficos. Por lo tanto, sería necesario tener estudio básicos o piloto para establecer qué especies son más adecuadas como bioindicadoras.
- Indicadores negativos : se denominan bioindicadores negativos a aquellos que señalan perturbaciones a través de su ausencia. Sin embargo, los motivos por los que una especie no esté en un lugar pueden ser variados, ya sea por condiciones del medio, razones biogeográficas, históricas, de competencia o bien, por que existen muy pocos individuos o las técnicas de muestreo empleadas fueron inadecuadas.
- Variaciones en abundancia : en general, aumentos en la abundancia de las especies se ven explicados por su autoecología, es decir, perturbaciones favorables para dicha especie. Sin embargo, descensos en la abundancia pueden ser influidos, además, por competencia, cambios cíclicos estacionales, etc.

Se espera de un bioindicador que dé respuestas de interés para el ecosistema, fáciles de observar o medir, que sean estenoicos, es decir, con un margen de tolerancia reducido frente al estímulo específico que se desea estudiar, y eurioicos frente al resto. Otro aspecto importante es que sean fáciles de muestrear, y que estén presentes en un número suficiente de manera tal de que la comunidad no sufra alteraciones por muestreos destructivos.

Las ventajas de los bioindicadores, por sobre métodos directos de determinación de perturbaciones (medición de contaminación por metales pesados en el aire, por ejemplo), es que reflejan el efecto de todos los factores ambientales en todo el medio. Permiten, además, realizar determinaciones en terreno, sin requerir de análisis de laboratorios u otros. Indican velocidad y dirección de los cambios ambientales, relacionando los efectos sobre los seres vivos y su potencial peligrosidad.

Algunos bioindicadores son, por ejemplo, aquellas plantas que sólo viven en lugares donde hay ciertos metales como Pb, Cu o Au, ya que con su presencia indican la existencia de estos metales en el sustrato (detectores positivos); líquenes, que suelen desaparecer de las ciudades por efecto de los contaminantes atmosféricos (detectores negativos); ciertas cianobacterias que indican que las aguas están eutrofizadas (explotadores); briófitos que acumulan metales pesados en cantidades apreciables (acumuladores), etc.

En resumen, los bioindicadores dan una imagen bastante exacta de la extensión de la contaminación que está alcanzando a los seres vivos de un área y de sus efectos. Dan una medida de la intensidad del impacto ambiental y de su peligro potencial para otros organismos vivos como, por ejemplo, el hombre.

5.2.2. Biomonitorización

Monitorizar es realizar observaciones sistemáticas de parámetros relacionados con un problema específico, diseñadas para dar información sobre las características del problema y sus cambios con el tiempo. Según esta definición, el concepto de biomonitorización consiste en el uso regular y sistemático de organismos vivos para monitorizar o determinar la calidad ambiental. La biomonitorización, por trabajar con organismos vivos, da información acerca de las relaciones entre las condiciones ambientales y el mundo vivo; por hacerse a lo largo del tiempo, permite hacer comparaciones entre distintos estados y los datos obtenidos pueden servir de base para predecir cambios futuros que puedan ser importantes para el hombre. Por esto se puede considerar la biomonitorización como la base para poder desarrollar programas de control efectivo y gestión del medio ambiente.

La biomonitorización puede efectuarse de dos maneras :

- Directa : Consiste en la medición de contaminantes en los organismos adecuados, en forma de muestreos sucesivos. Requiere, como en todo monitoreo, de antecedentes del nivel base – o normal – de lo que se está midiendo, generalmente obtenido a partir de poblaciones de control o testigos.
- Indirecta : Sirve para monitorizar cualquier proceso – no sólo contaminación – y se basa en detectar los cambios visibles o medibles que el medio provoca en los organismos. Ésta se puede realizar a distintos niveles, ya sea a nivel de individuos de una especie, poblaciones, comunidades o ecosistemas, último nivel que incluye antecedentes del medio abiótico.

Hasta el momento, la biomonitorización se ha centrado en algunos aspectos concretos :

- estudios relativos a la degradación de los ecosistemas y medida de su velocidad.
- seguimiento del efecto de ciertos contaminantes o de impactos ambientales dentro de un área determinada durante un periodo de tiempo indefinido.
- Monitoreos generales, para detección de perturbaciones de agentes no identificados a priori.

Las respuestas básicas de los ecosistemas, cuando se ven afectados por factores ambientales cambiantes pueden ser muy variadas; así mismo, según qué tipo de estudio se esté haciendo, interesará más conocer una respuesta u otra. Por esto, el tipo de tareas que se hacen en trabajos de monitorización son también de muchas clases. algunas de esas tareas son :

- Medida de variables físicas del medio (temperatura, precipitación, estructura del suelo, etc.).
- Medida y control de la concentración de contaminantes en el medio abiótico o en biomonitores.
- Hallar correlaciones entre las variables físicas y químicas del medio abiótico y los síntomas observados en los seres vivos.
- Estimación de impactos negativos o dañinos para los seres vivos o para el hombre.
- Inventario y clasificación de daños a gran escala en los ecosistemas debidos a la actividad humana (deforestación, lluvia ácida, etc.).
- Seguimiento de procesos de regeneración y mejora de hábitats o ambientes degradados.

Cuando se hace biomonitorización indirecta a nivel de individuos se pueden estudiar cambios fisiológicos, citológicos o morfológicos. Los cambios fisiológicos que se pueden estudiar son, por ejemplo, el intercambio gaseoso, la tasa de fotosíntesis, balance hídrico, o cómo, dónde y cuánto se acumulan contaminantes en las especies acumuladoras resistentes. Los cambios citológicos se pueden apreciar en fenómenos de plasmólisis, deformación de cloroplastos, decoloración o cambios de color en paredes celulares, etc; y los cambios morfológicos se evidencian en clorosis o necrosis de las hojas, cambios en el crecimiento, aparición de individuos con anomalías, etc.

Cuando la biomonitorización se hace a nivel de población de una especie, se puede estudiar antecedentes como presencia / ausencia, abundancia, dominancia, área o porcentaje de cobertura, biomasa, densidad de la población, clases de edad, mortalidad, natalidad, tamaño de la población, velocidad de crecimiento y tasa de renovación, etc. A nivel de comunidad o ecosistema, es de interés evaluar, además, la composición específica de la comunidad, la estructura de la vegetación, diversidad, frecuencia y riqueza específica, existencia de especies raras, y otras.

6. Estudio de caso

Se presentará como ejemplo el estudio realizado para la Reserva Nacional Ñuble con motivo del proyecto Gasoducto Transandino y Distribución de Gas Natural en Chile (1994-1995), para la cual se tiene información para todas las etapas consideradas en este manual.

6.1. Introducción y objetivo general del estudio

El proyecto Gasoducto Transandino y Distribución de Gas Natural en Chile fue un proyecto integrado que contemplaba la construcción de un gasoducto desde Neuquén hasta las principales ciudades de la zona central de Chile. Estaba dimensionado para los requerimientos energéticos del año 2020, que se estiman en 8 millones de m³ diarios. Su trazado tentativo se inicia en Loma La Lata (Argentina), desde donde atraviesa la Cordillera de los Andes entrando a Chile por el paso Buta-Mallín, a la altura de la Reserva Forestal Ñuble (RFÑ). Luego la línea principal del gasoducto se dirige hacia Chillán, y desde allí hacia el norte hasta Santiago.

La RFÑ, con una superficie de 75.180 ha, forma parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Se encuentra ubicada en la VIII región, provincia del Bío-Bío, comuna de Antuco. En 1993-94, con el propósito de dar paso al Oleoducto Transandino (OT) desde Neuquén (Argentina) hasta el puerto de San Vicente (Chile), se construyó una franja de 55 km de largo con un ancho promedio de 18 m, la cual se extiende, dentro de la Reserva, entre el paso Buta-Mallín y el túnel Infiernillo.

El trazado del gasoducto propuesto en este proyecto de distribución de gas natural iría paralelo al trazado del OT en aproximadamente un 75%. Por tanto el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que se presenta en este documento abarca cinco alternativas de trazado (A, B, C, D y E) en la Reserva, las cuales fueron evaluadas en forma independiente.

6.2. Línea Base

6.2.1. Métodos

Se efectuó una revisión bibliográfica y recopilación de la información técnica existente en relación a la vegetación y flora de la Reserva, incluyendo la documentación disponible en la Corporación Nacional

Forestal, en especial los estudios técnicos encargados con motivo de la construcción del oleoducto, así como en otras instituciones nacionales y del extranjero.

Para la realización del catastro florístico se consideró la realización de inventarios exhaustivos mediante el método de las áreas crecientes (Mueller-Dombois, 1974), en parcelas distribuidas en las diferentes formaciones vegetales de la RFÑ, de acuerdo a los antecedentes cartográficos previos (C.O.T.).

La cartografía de la vegetación se realizó usando la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (C.O.T.), desarrollada por el escuela fitoecológica Louis Emberger (CEPE/CNRS), Montpellier, Francia, y adaptada para las condiciones ecológicas de Chile. El material fotográfico utilizado para la cartografía de toda la Reserva fue el disponible en Servicio Aéreo Fotogramétrico de Chile para el área involucrada. Para la cartografía de la vegetación en el área de influencia en la construcción del Gasoducto se utilizó el material fotográfico de un vuelo especialmente realizado para dicho efecto.

6.2.2. Flora de la Reserva

En términos generales se puede señalar que el área de esta Reserva se ubica, según Gajardo (1994), en la Región del Bosque Caducifolio, subregión del Bosque Caducifolio Montano, con la formación denominada Bosque Caducifolio de la Montaña, caracterizado por *Austrocedrus chilensis-Notofagus obliqua* y la Región del Bosque Andino Patagónico, subregión de las Cordilleras de la Araucanía, con las formaciones de Estepa Alto-Andina Boscosa y del Bosque Caducifolio Alto-Andino de Chillán.

Para la RFÑ se determinó un total de 630 especies, distribuidas en 254 géneros y 86 familias, con lo cual se constituye en el área con mayor diversidad florística registrada en Chile, sin descartar que este número puede aún aumentar al efectuarse búsquedas en otras fechas diferentes a las realizadas para el estudio (febrero de 1994 y enero 1995), siendo especialmente interesante efectuar prospecciones a fines de noviembre y principios de diciembre.

En la tabla 13 se presenta la distribución porcentual de estas especies según divisiones y clases taxonómicas. En el anexo 4.2. se entrega el listado taxonómico completo que comprende la flora vascular de la RFÑ.

Tabla 13 : Representatividad de las grandes taxa según familias, géneros y especies en la RFÑ. Febrero 1994 y enero 1995.

TAXA	N° DE FAMILIAS		N° DE GENEROS		N° DE ESPECIES		% EN RFÑ (especies) (a)	% EN TOTAL NACIONAL (b)
	RFÑ	CHILE	RFÑ	CHILE	RFÑ	CHILE		
POLYPODIOPHYTA	7	27	9	52	15	157	2.4	3.01
PINOPHYTA	3	5	3	10	3	17	0.5	0.33
MAGNOLIOPHYTA								
Magnoliopsida	64	132	186	750	434	3996	68.9	76.62
Liliopsida	12	28	55	220	178	1045	28.2	20.04
TOTAL	86	192	253	1032	630	5215	100	100

Los valores de referencia para Chile son citados de Marticorena y Quezada (1985). (a): indica el % de participación del grupo (especies) en el total de la flora de la Reserva. (b) : indica el % de participación del grupo (especies) respecto del total de la flora nacional.

En la tabla 13 se aprecia que las contribuciones porcentuales de cada división a la flora total son similares entre la flora local y la nacional, con ligeras variaciones, principalmente en las Magnoliófitas (Angiospermas) de la Reserva, con cerca de un 8 % más de *Liliopsida* y un 8 % menos de *Magnoliopsida* (monocotiledóneas y dicotiledóneas, respectivamente).

Respecto a la representatividad de la flora local respecto a la nacional, lo detectado a la fecha corresponde a un 44,8 % de las familias, un 24,6 % de los géneros y un 12,1 % de las especies, lo cual, al considerar lo reducido del área que involucra la Reserva, permite afirmar que su representatividad es notablemente alta.

Se efectuó una caracterización de cada una de las especies presentes en la Reserva en cuanto a su estado de conocimiento y su estado de conservación (de acuerdo al Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile). En algunos casos se usó una categoría especial denominada "sin información" y en otras se propone la clasificación (en especial para las especies herbáceas). Además se hace mención del hábitat y observaciones de interés para la mayoría de las especies incluidas.

6.2.3. Estado de conservación de algunas especies presentes en la Reserva

La tabla 14 muestra las especies en alguna categoría del Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit, I. 1989).

Tabla 14: Especies de la RFÑ en alguna categoría del Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile.

Especies Vulnerables	Especies Raras	Especies Insuficientemente Conocidas	Raras
<i>Austrocedrus chilensis</i>	<i>Maytenus chubutensis</i> <i>Prumnopytis andina</i> <i>Orites myrtoidea</i> <i>Schinus o'donellii</i> (no citada antes para Chile)	<i>Cryptogramma crispa</i> var. <i>chilensis</i>	<i>Alstroemeria aurea</i> <i>Alstroemeria presliana</i> <i>Rhodophiala araucana</i>

Se determinó que al menos cinco especies de los géneros *Cryptogramma*, *Trisetum*, *Gamochaeta*, *Poa* y *Deyeuxia* deberán ser clasificadas taxonómicamente y ser incorporadas en la flora de Chile.

6.2.4. Vegetación de la Reserva Forestal Ñuble

✓ Cartografía de la vegetación

La cartografía de la vegetación se realizó en base a la metodología de Carta de Ocupación de Tierras (C.O.T.) en toda el área de la Reserva y en forma particular para la vegetación presente en el área de influencia en la construcción del Gasoducto trasandino. La escala de percepción usada en la cartografía de toda la Reserva es de 1 : 50.000 y para la vegetación en el área de influencia de 1 : 10.000. La confección de la cartografía 1:10.000 cumple con el doble objetivo de caracterizar la zona de influencia directa del proyecto y para ser usada en la evaluación del impacto ambiental.

La carta elaborada indica la sectorización de unidades en base a sus formaciones vegetales y especies dominantes. La confección de esta carta se efectuó a través de la recopilación de la información directamente en terreno (60% de la superficie) y de fotointerpretación homologando unidades con características similares (40 % de la superficie).

El resultado final, presentado en la carta, se generó a través de la simplificación y síntesis de la información cartográfica de acuerdo a la metodología utilizada. los índices de cobertura 1 y 2 fueron eliminados de la formula final. En los casos en que sólo existía índices igual a 2, se les conservó en su formula original y cuando sólo existían índices 1 pasaron a ser consideradas zonas denudadas (ZD). Es claro que ZD son todas aquellas zonas en que el porcentaje de recubrimiento vegetal es inferior a 5 %.

En algunos casos la información de las especies dominantes aparece seguida de un guión más un porcentaje y un símbolo, como por ejemplo: NA/ca/fs - 25% ZD, lo cual indica que la unidad fue definida como un mosaico de dos tipos de formaciones. La primera es la definida por el color de la unidad y las especies dominantes escritas en ella, y la segunda queda definida por el nombre y el porcentaje después del guión. El porcentaje indica la proporción de la unidad ocupada por la segunda formación. En el ejemplo mencionado líneas arriba, un 25 % de la unidad está ocupado por un ZD (zona denudada).

Tabla 15. : Resumen de superficies (ha) por especies dominantes en la Reserva.

Unidades con las siguientes especies dominantes	Superficie (ha)
AC/fs	555,96
Ad/fs - As/(Bp-Ms)/ca/fs	837,67
Bm/ra/ca - Bp/ra/as - Cr/Eb/as/ca	218,26
Dj/As/Ss/ra - Dj/Fi/Om/fs - Dj/ps/fs	1.378,25
LH/Re/ca/fs	1.426,91
Ms/(Aa-ra)/(fs-ps)/ca	309,53
NA/ca - NA/ca/fs - NA/otras	19.368,63
NO/otras - NO con AC/NA y otras - NO/NP/NA NO/NP/otras	5.804,20
NP	2.598,01
NP/ca	4.789,68
NP/AC/NA - NP/AC/(ca-fs)	530,02
NP/NA/otras	5.178,63
Re/fs/otras - Ss/As/as/ho	1.153,33
Vegas (cs/es/as)	442,81
ca/fs	8.095,42
fs - fs/ps - fs/ra/ha - fs/ap	1.290,56
ps - ps/ap - ps/fs/ap - ra/as - ps/ra	1.122,11
SUPERFICIE TOTAL	55.100,0

Simbología:

AC : *Austrocedrus chilensis*
 LH : *Lomatia hirsuta*
 NA : *Nothofagus antarctica*
 NP : *Nothofagus pumilio*
 NO : *Nothofagus oblicua*
 Ad : *Adesmia ssp.*
 As : *Acaena ssp.*
 Aa : *Acaena argenta*
 Bp : *Baccharis patagonica*
 Bm : *Baccharis magellanica*
 Eb : *Escallonia virgata*
 Fi : *Fabiana imbricata*
 Cr : *Ch. rosmarinifolium*
 Dj : *Diostea juncea*
 Ms : *Mulinum spinosum*
 Om : *Orites myrtoidea*
 Re : *Discaria ssp.*
 Ss : *Senecio ssp.*

VEGA:

as : *Agrostis ssp.*
 cs : *Carex spp.*
 es : *Eleocharis ssp.*
 ap : *Acaena pinnatifida*
 bs : *Bromus sp.*
 ca : *Chusquea argentina*
 fs : *Festuca scabriuscula*
 ha : *Hieracium aurantiacum*
 ho : *Hordeum pubiflorum*
 ps : *Poa sp.*
 ra : *Rumex acetosella*

La diferencia entre el total presentado en el cuadro y la superficie total de la Reserva corresponde a unidades cartográficas clasificadas como ZD. El símbolo "/" se usa para separar especies dominantes, "(X1-X2)" se usa para indicar que puede darse la combinación de especies dominantes incluyendo a X1 ó X2. Además de las superficies cubiertas por vegetación, presentadas en el cuadro anterior, existen extensas zonas consideradas denudadas (ZD). Las "ZD" corresponden a todas aquellas áreas en donde no existe vegetación (sitios rocosos, nieves, cuerpos de agua, etc.) y aquellos que tienen vegetación con una cobertura menor a 5%.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, en la Reserva Nacional Ñuble es posible definir dos tipos de vegetación, las cuales se describen a continuación:

- ✓ **Vegetación Zonal** : Tipos vegetacionales de amplia distribución geográfica o territorial, dentro de los cuales se pueden definir tres formaciones o paisajes de vegetación, determinados por los tipos biológicos a los que corresponden, siendo éstos los siguientes :

i. Formación de estepa y matorrales de altura:

- a.- Subtipo *Festuca scabriuscula* (Estepa o coironales de altura)
- b.- Subtipo *Chusquea argentina* (Quilantales de altura)
- c.- Subtipo *Mulinum spinosum* - *Berberis empetrifolia* (Matorrales de altura)

ii. Formación de matorrales subarborescentes caducifolios, corresponden a formaciones arbustivas altas (0,5-2 m) poco densas a densas, con una marcada dominancia de *Nothofagus antarctica* ("Ñirre") y/o *Nothofagus pumilio* ("Lenga"), y una baja codominancia de diferentes especies arbustivas y escasas especies herbáceas.

iii. Bosques caducifolios, corresponden a un tipo de vegetación homogéneo, cuyas variaciones estructurales pueden ser agrupadas en tres subtipos

- a.- Bosques de *Nothofagus pumilio* (Lenga)
- b.- Bosques de *Nothofagus obliqua* - *Nothofagus pumilio* (Roble-Lenga)
- c.- Bosques bajos de *Nothofagus obliqua* - *Nothofagus antarctica* (Roble-Ñirre)

- ✓ **Vegetacional Azonal** : Formaciones vegetales que se presentan localmente en extensiones reducidas, asociadas a algún factor ambiental determinado. Bajo esta denominación se agrupa a las formaciones vegetales que son completamente discontinuas respecto a las unidades del entorno y cuya fisonomía responde claramente a condiciones ambientales muy localizadas. En la Reserva es posible distinguir dos condiciones de este tipo:

- a.- Humedales o vegas (mallines)
- b.- Vegetación antrópicamente alterada

6.3. Evaluación de impactos

La evaluación se efectuó en base al cálculo del valor del impacto físico (VIF), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$VIF_{total} = \sum_{i=1}^n VIF_i * L_i, \quad VIF_i = M_i * I_i$$

Donde VIF_i = valor del impacto físico en la unidad cartográfica i ($i=1, \dots, n$).

M_i = índice de magnitud del impacto en la unidad i .

I_i = índice de importancia del impacto en la unidad i .

L_i = índice de tamaño de la unidad i .

La importancia de la unidad fue definida en función de medidas cuantitativas de la flora y la magnitud en función de la relación entre la superficie total de la unidad y la superficie realmente afectada. Los valores totales obtenidos para las cinco alternativas de trazado se presentan en la tabla 16.

Tabla 16: Valor físico de los impactos sobre flora y vegetación para las cinco alternativas de trazado en la Reserva Forestal Ñuble.

Parámetro	Alternativa de trazado				
	A	B	C	D	E
VIF _{total}	2.678	5.815	9.461	43.521	10.714
Largo total (m)	13.925	16.175	17.145	55.420	13.925

Los valores anteriores, en conjunto con la valoración a nivel de los desvíos involucrados en cada alternativa permitieron establecer la recomendación de trazado desde el punto de vista de la flora y vegetación.

6.4. Medidas de mitigación

Se recomendaron las siguientes medidas de mitigación, ordenadas según el momento a ser consideradas en la realización del proyecto :

6.4.1. Etapa de Construcción :

- ✓ Instalar campamentos en sitios ya alterados, evitando ampliar su extensión o aumentar su disturbación.
- ✓ En las opciones de trazado, a nivel de microsítios, es necesario evitar al máximo la eliminación de flora con problemas de conservación (ver línea base) en pro de las alternativas factibles y en los casos en los que lo anterior no sea posible, efectuar el rescate de individuos (o parte de ellos) de modo tal que se puedan volver a plantar en áreas especialmente acondicionadas (restauración). Por ejemplo : rizomas de *Chusquea argentina*, bulbos de *Rodophiala spp.*, rizomas de *Alstroemeria spp.*, plántulas de *Austrocedrus chilensis*.
- ✓ Evitar acumulaciones excesivas de material removido en áreas aledañas al trazado puesto que deterioran la vegetación involucrada y alteran el sitio.
- ✓ El retiro anticipado de la hojarasca y mantillo debe efectuarse en forma diferenciada respecto a los horizontes y/o estratas de suelo de modo tal que posteriormente pueda ser repuesta en las labores de restauración.
- ✓ Evitar alteraciones antrópicas en las áreas aledañas al trazado que puedan causar impactos inmediatos (fogatas, excesivo pisoteo, corta de individuos o parte de ellos, etc.) o a futuro (vertido de sustancias tóxicas o ajenas al ambiente).
- ✓ Reducir al máximo la emisión de partículas sólidas (polvo) debido a que interviene negativamente en los procesos metabólicos de las plantas (fotosíntesis y respiración).
- ✓ Mantener los drenajes superficiales, sin alterar su curso, como así mismo minimizar la alteración a los drenajes subsuperficiales, especialmente en sectores de vega, a fin de evitar el desecamiento de ellas.

6.4.2. Etapa de Operación y Uso :

- ✓ Transitar (vehículo y/o animal) sólo por la zanja libre de vegetación.
- ✓ Evitar alteraciones antrópicas en las áreas aledañas al trazado que puedan causar impactos inmediatos (fogatas, excesivo pisoteo, corta de individuos o parte de ellos, etc.) o a futuro (vertido de sustancias tóxicas o ajenas al ambiente).

6.5. Plan de monitoreo

La construcción del gasoducto en la Reserva Forestal Ñuble generaría una serie de impactos tales como la remoción de la vegetación nativa, suelo, y su materia orgánica, pérdida de hábitat para la fauna, derrames de tierra y rocas sobre los recursos hídricos. Por otro lado, como solamente se conoce el efecto que produciría el funcionamiento ducto a través del tiempo sobre los recursos de la Reserva, es de extraordinaria importancia la fase de monitoreo.

En este programa se pretende controlar el cumplimiento de las medidas preventivas y mitigadoras que se han diseñado, una vez que los impactos fueron identificados, evaluados y en última instancia jerarquizados. A su vez el monitoreo permite detectar las desviaciones a los efectos previstos, y efectuar las enmiendas del caso.

Respecto a los cambios y sus efectos sobre los sistemas vegetales, conviene destacar que dado el bajo nivel de información existente en el país, resulta muy difícil efectuar predicciones o estimaciones *a priori* del comportamiento de un cierto contingente florístico en un ambiente determinado. Así, las proposiciones metodológicas que a continuación se describen corresponden a un estilo que busca establecer criterios generales de análisis de fácil aplicación y de amplia comprensión.

6.5.1. Vegetación

Para evaluar los cambios a nivel de las formaciones vegetacionales se propuso una revisión de la cartografía de detalle (1:10.000) en las zonas que sean directamente afectadas en un tiempo de cinco años, contando con fotografías aéreas tomadas para tal efecto y por algún servicio especializado.

El análisis de esta información se realizaría por simple comparación mediante sobreposición de las diferentes cartografías, detectando las variaciones en los límites de las unidades y sus descripciones originales (no las simplificadas, ya que éstas sintetizan y conjugan información pudiendo darse el caso de que cambios importantes queden inadvertidos en la síntesis, por ejemplo aumentos en la estratificación por tipo biológico).

6.5.2. Flora

El muestreo de la flora a fin de caracterizar florísticamente los diferentes tipos de vegetación en la RFÑ, consideró la realización de parcelas de áreas crecientes desde 0,25 m² (0,5m*0,5m), hasta 512 m² (16m * 32m), las cuales se dispusieron en sitios seleccionados, entre otros criterios, en función de su representatividad como puntos para el futuro monitoreo de las variaciones florísticas naturales y aquéllas posibles debidas a las acciones del proyecto de Gasoducto. En el caso de los humedales (vegetación azonal), dadas sus características particulares de heterogeneidad y cubrimiento, las parcelas de áreas crecientes consideraron desde 0,0675 m² (0,25m*0,25m), hasta 2 m² (2m * 1m), realizándose una parcela en cada elemento o comunidad importante en los humedales muestreados.

El monitoreo de la flora deberá considerar la realización periódica de estas mismas parcelas, de acuerdo a la misma metodología y con el similar grado de detalle afín de que la información resulte comparable. La red de monitoreo establecida deberá considerar además un cierto número de parcelas en aquellos tramos del gasoducto que sean sometidos a distintas prácticas de restauración a fin de analizar el grado de efectividad de éstas.

✓ **Recopilación y análisis de la información florística**

A partir de la información contenida en el inventario florístico, en cada parcela, el análisis deberá efectuarse mediante comparación de los cambios en el número de especies presentes y su condición biológica.

Para simplificar el análisis, la flora local se ha estructurado en los siguientes tipos biológicos, concordantes con la metodología cartográfica, con algunas variaciones para dar mayor especificidad al tema de la evolución florística.

Tabla 16: Tipos biológicos presentes en la Reserva Forestal Ñuble.

TIPO BIOLÓGICO	CORRESPONDENCIA CARTOGRAFICA	OBSERVACIONES
Arbóreo	Leñoso alto	Todas aquellas especies con crecimiento secundario y con un fuste o eje central dominante.
Arbustivo	Leñoso bajo	Todas aquellas especies con crecimiento secundario y muchos fustes o ejes principales sin dominancia definida de alguno(s) de ellos.
Herbáceo perenne	Herbáceo	Especies sin crecimiento secundario, policárpicas y/o polianuales.
Herbáceo anual o bianual	Herbáceo	Especies sin crecimiento secundario, monocárpicas.
Suculento	Suculento	Especies con metabolismo ácido crasuleano.
Parásito	sin correspondencia	Especies parcial o totalmente heterótrofas, no saprófitas.

Además, para cada categoría de los tipos biológicos se discrimina las especies según su origen en autóctonas o alóctonas (exóticas, tanto naturalizadas como introducidas con comportamiento ruderal). Estas últimas, en la Reserva, se distribuyen en las categorías tipo arbustivo, herbáceo perenne y anual-bianual, resultando así nueve categorías que configuran el espectro biológico de cada sitio (o parcela).

6.5.3. Indicadores propuestos para el análisis de la información

A partir de la caracterización de la composición florística de cada parcela, de acuerdo a los tipos biológicos de cada especie, conformando su espectro biológico se recomienda utilizar como instrumento de cuantificación del grado de alteración, a la proporción de especies alóctonas en relación a la de autóctonas. Este índice puede ser determinado a nivel del total del especies (Índice Total) o sólo utilizando algún tipo biológico en particular.

Las expresiones para el cálculo de los indicadores que se propone utilizar son :

a.- Usando los totales generales por parcela :

$$\text{Indicador total : } \frac{(\text{Total spp. autóctonas} - \text{Total spp. alóctonas})}{\text{Total de especies}}$$

b.- Usando los subtotales de especies arbustivas por parcela :

$$\text{Indicador Ar : } \frac{(\text{Total spp. arbustivas autóctonas} - \text{Total spp. arbustivas alóctonas})}{\text{Total de especies arbustivas}}$$

c.- Usando los subtotales de especies herbáceas perennes por parcela :

$$\text{Indicador Hp : } \frac{(\text{Total spp. herb. perennes autóctonas} - \text{Total spp. herb. perennes alóctonas})}{\text{Total de especies herbáceas perennes}}$$

d.- Usando los subtotales de especies herbáceas anuales por parcelas :

$$\text{Indice Ha : } \frac{(\text{Total spp. herb. anuales autóctonas} - \text{Total spp. herb. anuales alóctonas})}{\text{Total de especies herbáceas anuales}}$$

Al estudiar la estructura, matemáticamente muy simple, de éstos cuocientes se desprende fácilmente que los tres que se refieren a tipos biológicos específicos (arbustivos, herbáceas perennes y anuales) son componentes que participan en alguna proporción del índice Total. Probablemente la relación entre ellos responda a una función del tipo aditiva ponderada o polinómica. Será necesario recopilar más información en función del tiempo para poder establecer la verdadera relación, lo cual se conseguirá con el monitoreo. Sin embargo, para el presente análisis, la utilización del índice total es suficiente para la caracterización actual de la flora en la Reserva respecto a su estado de alteración, usando la proporción de especies alóctonas como forma de expresión. La interpretación de los demás índices es complementaria y entregará mayor información cuando se conozcan mejor sus interrelaciones.

A partir de la información a recopilar en las futuras temporadas mediante el monitoreo se recomienda efectuar los siguientes pasos metodológicos :

- Determinación de todas las especies recopiladas por parcela.
- Asignación del tipo biológico por especie.
- Cálculo de los índices de alteración por alóctonas.
- Análisis de los resultados.
- Conclusiones.

Los análisis deberían efectuarse en base a los siguientes criterios generales para la detección de cambios en la flora y vegetación :

Detección de cambios globales

Para este efecto deberían, al menos, efectuarse los siguientes análisis:

- Revisión periódica de la cartografía vegetacional 1 : 10.000 y 1 : 50.000.

- Comparación de estadísticas de tendencia central y de dispersión para el total de las parcelas en los índices propuestos, evaluados año a año.
- Construcción de la curva parcela v/s índice de alteración (permitiendo ubicar las parcelas en distintos niveles de alteración).
- Comparación de la forma de la curva generada por la unión de los puntos (parcela, índice) para cada índice respecto de sus puntos de inflexión y cambios de pendiente, lo que indicaría cambios en la proporción de parcelas en cada nivel de alteración y las direcciones de estos cambios en el tiempo.
- Análisis de la relación entre el comportamiento de los demás índices respecto del índice total. Lo anterior implica la identificación de la participación e importancia que tiene cada tipo biológico en el comportamiento general del espectro biológico de un momento dado y la evolución que estos tienen en el tiempo.

Detección de cambios locales

En el monitoreo de probables cambios locales deberían efectuarse los siguientes análisis :

- Comparación temporal en forma puntual (por parcela) para cada índice, lo cual indicará la tendencia natural de cada sitio en particular respecto a su nivel de alteración.
- Identificación de las probables actividades antrópicas y/o procesos naturales asociados a la tendencia puntual de la alteración.
- Agregación de la información a nivel de niveles de alteración y por ambientes vegetacionales generales (desde estepas a zonas alteradas).

La interpretación e integración de los análisis anteriores para generar las conclusiones en cada período deberán estar a cargo de especialistas con injerencia técnica en la Reserva. El plan de monitoreo debería seguir el análisis propuesto anteriormente de acuerdo a las siguientes especificaciones :

a. Respecto de las metodologías específicas

Es de vital importancia utilizar siempre la misma metodología en la obtención y procesamiento de la información. De esta manera los futuros análisis u conclusiones tendrán una base sólida comparación.

La información florística deberá ser obtenida en base a inventarios de área creciente en parcelas seleccionadas para este efecto. El análisis seguirá la metodología presentada en los puntos anteriores usando los índices propuestos para dicho efecto.

La revisión periódica de la información cartográfica vegetacional debería ser efectuada en base a la "Cartografía de Ocupación de Tierras" en las mismas escalas utilizadas para este estudio : 1 : 50.000 para toda el área de la Reserva y 1 : 10.000 para el área de influencia del gasoducto.

b. Respecto de la periodicidad y estandarización de la toma de datos

Los inventarios florísticos deberían ser realizados durante, a lo menos, cinco años consecutivos. Al final del período propuesto, el análisis de la información establecerá la necesidad de continuar o terminar con el

programa. Es importante enfatizar que la época del año debe ser siempre en la misma. En este último aspecto, es recomendable realizar esta actividad preferentemente entre fines de Diciembre y principios de enero.

c. Respecto de el equipo profesional encargado de analizar la información

El equipo responsable de analizar la información y efectuar las conclusiones contingentes que sean necesarias debería ser integrado por profesionales y expertos con amplio conocimiento de la flora y vegetación de la Reserva y, además, con pertinencia en los análisis bioestadísticos requeridos. Por lo anterior se recomienda que esta labor sea encargada a una institución universitaria o equivalente.

REFERENCIAS

- ◆ Ballester, J. 1978. Los Cactus y las Otras Plantas Suculentas. FLORAPRINT, España. 145 p.
- ◆ Benoit, I. 1989 (Ed). Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. CONAF, Chile. 157 p.
- ◆ Ederra, A. 1996. Botánica Ambiental Aplicada. Las Plantas y el Equilibrio Ecológico de Nuestra Tierra. EUNSA, España. 205 p.
- ◆ Etienne, M. y Contreras, D. 1981. Cartografía de la vegetación y sus aplicaciones en Chile. Bol. Técn. N° 46 Fac. Cs. Agrarias y Forestales, Univ. de Chile. 27 p. 10 cartas.
- ◆ Etienne M. y Prado C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la Carta de Ocupación de Tierras. Publicaciones Misceláneas Ciencias Agrícolas N°10. Fac. Cs. Agrarias y Forestales, U. de Chile. 120 p.
- ◆ Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Editorial Universitaria, Chile. 165 p.
- ◆ Greig-Smith, P. 1983. Quantitative Plant Ecology. Tercera Edición, Blackwell Scientific Publications, 359 p.
- ◆ Gunckel, H. 1984. Helechos de Chile. Ediciones Universidad de Chile, 245 p.
- ◆ Faúndez, L., Serra, M.T. y Hernández, J. 1995. Evaluación del Impacto Ambiental del Gasoducto Transandino en la Reserva Forestal Ñuble. Componente Flora y Vegetación. Informe Técnico.
- ◆ Kalin, M., Marticorena, C. y Muños, M. 1990. A Checklist OF A Native Annual Flora of Continental Chile. Gayana, Bot. 47(3-4):119-135 p.
- ◆ Marticorena, C. y Quezada, M. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana, Bot. 42 (1-2): 1-157.
- ◆ Mueller-Dombois, D. y Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley. 547 p.